

TEKNILLINEN KORKEAKOULU
Tietoliikennetekniikan osasto

Petri Hietala

**Vaatimusmäärittely Helsingin liikennelaitoksen
pysäkkitiedotusjärjestelmälle**

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastetavaksi diplomi-insinöörin
tutkintoa varten Helsingissä 31.01. 2006.

Työn valvoja:

Prof. Sven-Gustav Häggman

Työn ohjaaja:

DI Pasi Jukkara

TEKNILLINEN KORKEAKOULU

DIPLOMITYÖN

TIIVISTELMÄ

Tekijä: Petri Kalervo Hietala	op.71741U
Työn nimi: Vaatimusmäärittely Helsingin liikennelaitoksen pysäkkitiedotusjärjestelmälle Päivämäärä: 31.01.2006 Sivumäärä: 56	
Osasto: Tietoliikennetekniikka Professuuri: Tietoliikennetekniikka	
Työn valvoja: Professori Sven-Gustav Häggman Työn ohjaaja: DI Pasi Jukkara	
<p>Tässä työssä selvitetään vaatimukset sekä haetaan toteutusvaihtoehtoa tiedotusjärjestelmälle, jolla julkisen liikenteen pysäkeille sijoitettaviin näyttöihin voidaan välittää tiedotuksia joukkoliikenteen häiriöistä mahdollisimman pienin kustannuksin, mutta silti riittävän luotettavasti.</p> <p>Selvitystyö aloitettiin Helsingin Kaupungin Liikennelaitoksen suunnittelutoimistolla käytyjen neuvotteluiden perusteella. Työ tehtiin pääasiassa sähköpostia, Internetiä ja puhelinta käyttäen.</p> <p>HKL:n tekemän tutkimuksen perusteella matkustajien toiveena on saada tieto pysäkillä ensisijaisesti näyttötaulumuodossa. Tietoa kaivataan silloin kun normaalista aikataulusta on poikkeamia. HKL:llä on jo muutamilla pysäkeillä tiedotusjärjestelmä, mutta koska tavoitteena on lähes jokaisen pysäkin varustaminen tiedotusnäytöllä, tavoitteena on saada pysäkeille tieto nykyisiä järjestelmiä edullisemmin. Mallia haetaan muiden maiden liikennelaitoksien tiedotusjärjestelmistä. Ne ovat suurien kaupunkien ratkaisuja, eivätkä siten suoraan toteutuskelpoisia Helsingissä. Vaatimusmäärittelyllä haetaan HKL:lle sopivinta ratkaisua huomioiden kustannustekijät ja Helsingin maantieteellinen asema.</p> <p>Tavoitteena on selvittää vähimmäisvaatimustaso palvelun toteutustekniikalle. Työn yhteydessä esitellään salaisessa osassa myös esimerkkiratkaisu laitteen fyysiselle kokoonpanolle.</p> <p>Oikein kohdentuneiden vaatimuksien perusteella toteutetulla pysäkkitiedotusjärjestelmällä voidaan parantaa joukkoliikenteen käyttäjien asiakastytyvyyttä ja liikennelaitoksen imagoa innovatiivisena ja modernia teknologiaa hyödyntävänä toimijana.</p>	
Avainsanat: Joukkoliikenne, linja-autoliikenne, liikennelaitos, häiriöt, ympäristö, tiedotus, vaatimukset, järjestelmä, pysäkki, GSM modeemi, SMS.	

Author: Petri Kalervo Hietala	sn.71741U
Name of the Thesis: Definition of requirements of the bus stop information system for Helsinki City Transport	
Date: 31.01.2006	Number of Pages: 56
Department: Telecommunication	
Professorship: Telecommunication	
Supervisor: Professor Sven-Gustav Häggman	
Instructor: M.Sc Pasi Jukkara	
<p>This thesis describes the requirements and a possible implementation for an information system in which information about traffic disturbances can be displayed to passengers on bus stops with lowest possible costs but still reliably enough.</p> <p>This definition work was started with an interview with the Helsinki City Transport (HCT) planning office. Work was mainly done using e-mail, Internet and telephone.</p> <p>Analysis made by HCT showed, that passengers want information on bus-stops mainly in written form on display. Information is needed, when unexpected deviations from the timetable occur. HCT have already an information system on a few stops. Their target is to have an information system on nearly every stop. The cost of information distribution has to be lower than with the current systems. Models used in greater cities in other countries are presented, but these solutions are not directly usable by HCT. Definition of requirement aims to search for the most suitable solution for HCT considering cost level and the geographical position of Helsinki.</p> <p>Target is to define the minimum requirement level for possible implementation technologies. As a result, also an example implementation solution for the physical configuration of the system is presented in the confidential part of this thesis.</p> <p>With correctly pointed requirements to bus stops information system the passenger satisfaction can be increased and the transport company's image as an innovative company utilising modern technology can be developed.</p>	
Keywords: Public transportation, bus traffic, traffic institute, surroundings, requirements, system, bus stop, GSM modem, SMS.	

ESIPUHE

Tämän diplomityön on mahdollistanut Dipolin järjestämä DiplomPro-projekti, jonka tavoitteena on edistää työttömäksi jääneen teekkarin valmistumista diplomi-insinööriksi.

Tämä diplomityö on tehty Plusdial Oy:lle. Työn ohjaajana toimi Plusdialin tekninen johtaja Pasi Jukkara. Työn teki normaalia haastavammaksi se, että tietyt asiat sai selvittää ainoastaan salaisessa osassa. Erityisen hyvä tietolähde oli HKL:n suunnittelutoimistossa työskentelevä Tarja Jääskeläinen, jolle haluan lausua kiitokseni.

Diplomityöni valvojalle Professori Sven-Gustav Häggmannille haluan osoittaa kiitokseni asiantuntevista kommentteista ja ohjeista, joita olen saanut työni aikana paremman lopputuloksen saavuttamiseksi.

Espoossa 31.01.2006

Petri Hietala

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ.....	2
ABSTRACT.....	3
ESIPUHE.....	4
LYHENTEET.....	8
1 JOHDANTO	10
1.1 Työn tarkoitus	10
1.2 Työn tavoitteet.....	12
1.3 Työn rajaukset	12
1.4 Työn rakenne.....	12
2 HÄIRIÖTILANTEET	14
3 HÄIRIÖTIEDOTUS.....	16
3.1 Häiriötiedotusprosessi.....	16
3.2 Häiriön korjaus	16
3.3 Häiriöviestit	16
4 LIIKENNETIEDOTUSJÄRJESTELMÄT ULKOMAILLA	17
4.1 Tukholman liikennetiedotusjärjestelmä.....	17
4.2 Göteborgin liikennetiedotusjärjestelmä	17
4.3 Pariisin liikennetiedotusjärjestelmä	18
4.4 Singaporen liikennetiedotusjärjestelmä	18
4.5 Yhteenveto	18
5 HENKILÖKOHTAISET TIEDOTUSJÄRJESTELMÄT	20
5.1 GSM.....	20
5.1.1 Lyhytsanomapalvelu.....	20
5.1.2 Yleislähetys.....	20
5.1.3 WAP	21
6 HELSINGIN KAUPUNGIN LIIKENNELAITOKSEN TIEDOTUSJÄRJESTELMÄ	22
6.1 Ajantasainen järjestelmä	22
6.2 Nykyinen tiedotusjärjestelmä	22
6.3 HKL:n tiedotusjärjestelmän toiminta	24
6.3.1 Häiriötiedotukset	25
6.3.2 Tekstiviestipalvelu.....	25
6.3.3 Rekisteröintipalvelu.....	26
6.4 Uusi tiedotusjärjestelmä	26
7 VAATIMUSMÄÄRITTELY.....	29

7.1	Johdanto	29
7.1.1	Laadunhallinnan vaatimukset	29
7.1.2	ISO 9000	30
7.1.3	Kokonaisvaltainen laatujohtaminen	30
7.1.4	Tuotekehittäjän vaatimukset	31
7.1.5	Esteettömyyden vaatimukset.....	31
7.2	HKL:n vaatimukset järjestelmälle	32
7.2.1	Hinta	32
7.2.2	Tekniikka	32
7.2.3	Käytettävyys.....	32
7.2.4	Tiedotus	32
7.2.5	Muut vaatimukset.....	33
7.3	Alueelliset vaatimukset	33
7.4	Matkustajan vaatimukset	33
7.4.1	Näyttö	34
7.4.1.1	LCD näytöt.....	34
7.5	Ympäristöolosuhteet	36
7.5.1	Ilmastolliset vaatimukset	36
7.5.1.1	Kesälämpötilat.....	36
7.5.1.2	Talvilämpötilat	36
7.5.1.3	Pilvisyys	36
7.5.1.4	Valoisuus.....	37
7.5.1.5	Lämpötilan vaihtelu	37
7.5.1.6	Sade.....	38
7.5.1.7	Ilmanpaine ja tuuli	38
7.5.1.8	Ilman kosteus.....	38
7.5.1.9	Korroosio ja ilmalaatu	38
7.5.2	Mekaaniset rasitukset	39
7.6	Pysäkki	39
7.6.1	Pysäkkityypit.....	40
7.6.2	Ylläpito ja huolto.....	40
7.7	Tehonkulutus.....	41
7.7.1	Verkkovirta	41
7.7.2	Tuulivoima.....	41
7.7.3	Aurinkokenno.....	41
7.7.3.1	Kide.....	42
7.7.3.2	Pii.....	42
7.7.3.3	Kemiallinen	42
7.7.3.4	Muut tyypit.....	43
7.7.4	Lataussäätimet.....	43
7.7.5	Akut	44
7.7.6	Virtabudjetti	44
7.7.6.1	Aurinkokenno.....	44
7.7.6.2	Verkkomuuntaja	46
7.8	Luotettavuus.....	47
7.9	Yhteensopivuus järjestelmän muiden osien kanssa	48
7.10	Kotelointi.....	48
7.10.1	Koteloinnin kustannukset	48

7.10.2	Kotelon IP- suojausluokka.....	49
7.10.3	Kotelon materiaalit	49
8	VAATIMUSMÄÄRITTELYN YHTEENVETO.....	51
9	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	53
10	LÄHDELUETTELO.....	55

LYHENTEET

[19],[20],[24]

DAB	Digital Audio Broadcasting on digitaalinen lähetysjärjestelmä radiolähetyksille. Vastaanottoon tarvitaan DAB vastaanotin. Äänen lisäksi DAB mahdollistaa lisäinformaation lähettämisen alhaisilla siirtonopeuksilla.
DARC	Data Radio Channel
DVB-T	Digital Video Broadcasting - Terrestrial. Digitaalinen televisio - maanpäälliset lähetykset
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution on GPRS-verkon laajennus. Edge mahdollistaa GPRS-tekniikkaa huomattavasti suuremman tiedonsiirtonopeuden.
ETSI	European Telecommunications Standards Institute. Eurooppalaisesta telealan standardoinnista huolehtii ETSI
FM	Frequency Modulation. Taajuusmodulaatio
GPS	Global Positioning System. Yhdysvaltain puolustushallinnon ylläpitämä maata kiertävien satelliittien järjestelmä. Kukin satelliitti lähettää yksilöllisiä radiosignaaleja. Kun maan pinnalla otetaan vastaan tällainen signaali, voidaan sen kulkuajasta laskea etäisyys lähettäneeseen satelliittiin. Jos ja kun paikannukseen käytettävän vastaanottimen "näkökentässä" on useita satelliitteja, voidaan samanaikaisten etäisyysmittauksien avulla määrittää yksikäsitteisesti mittauspisteen sijainti kolmiulotteisessa avaruudessa.
GPRS	General Packet Radio Service on tapa lähettää ja vastaanottaa tietoa mobiileilla päätelaitteilla, kuten matkapuhelimella. Käytettäessä GPRS-varustettua puhelinta on mahdollisuus olla jatkuvasti yhteydessä palveluihin.
GSM	Group Special Mobile tai Global System for Mobile Communications on eurooppalaisten tietoliikennealan yritysten ja teleoperaattoreiden yhdessä standardisoima digitaalinen matkapuhelinverkko.
HCT	Helsinki City Transport
HKL	Helsingin Kaupungin Liikennelaitos
HTML	HyperText Transfer Protocol. WWW-tekniikassa käytettävä protokolla, jolla selausohjelma pyytää haluttuja sivuja WWW-palvelimelta.
ISO	International Organisation for Standardisation. Standardisointijärjestö.
LCD	Liquid Crystal Display on nestekidenäyttö. Se on eräänlainen verkko, jonka jokaisen ruudun läpinäkyvyyttä säädetään kytkimellä (transistorilla). Taustalle tarvitaan valo, muuten kuvaa ei synny. Värejä varten jokainen LCD-näytön kuvapiste eli pikseli koostuu sinisestä, punaisesta ja vihreästä alkiosta.
TETRA	Terrestrial Trunked Radio. ETSI:n kehittämä turvallisen matkaviestinnän standardi. Suomen turvallisuus- ja pelastusviranomaisten suljettu VIRVE-verkko perustuu TETRA-standardiin.
TFT	Thin Film Transistor eli ohutkalvotransistori. Litteiden näyttöjen yhteydessä puhutaan yleisesti TFT-näytöistä, joka on tekniikka aktiivimatriisinäytön takana.
TKK	Teknillinen korkeakoulu
YTV	Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta. Vastuualueena mm. seudun jätehuolto, liikenne, maankäyttö ja ilmanlaatu.

WWW	World Wide Web, sovellus järjestelmäriippumattomaan tiedostojen siirtoon.
VIRVE	Viranomaisverkko. Suomen turvallisuus-, pelastus- ja terveydenhoitoviranomaisen yhteinen valtakunnallinen matkaviestintäverkko, joka toimii TETRA-tekniikalla.

1 JOHDANTO

1.1 Työn tarkoitus

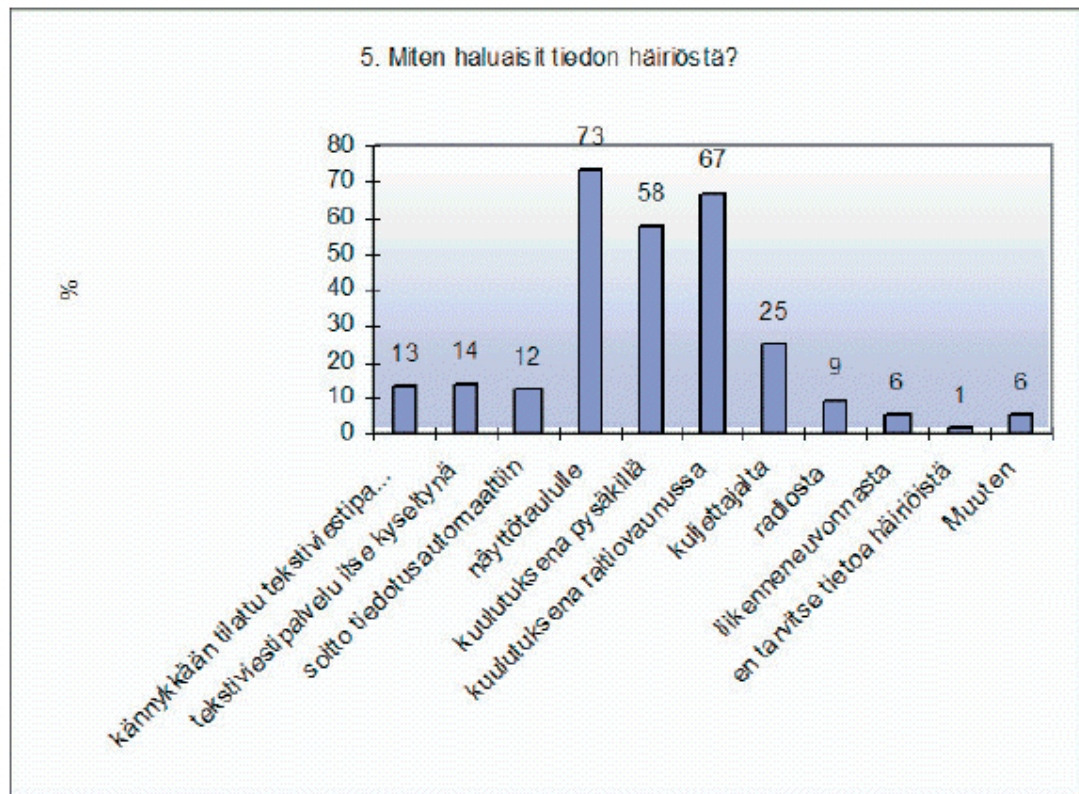
Joukkoliikenteen häiriötiedotuksen kehittäminen on tärkeä osa joukkoliikenteen palvelutason kehittämistä. Häiriöt liikenteessä ovat enimmäkseen ennalta arvaamattomia.

Joukkoliikenteen matkustajainformaation tuottamisen ja jakelun merkittävimpiä ongelmia ovat henkilö- ja raharesurssien puute sekä yhteistyö- ja vastuunjako-ongelmat. Resurssipuute johtuu osittain kasvaneesta informaation jakelukanavien määrästä, jonka myötä työn määrä on kasvanut. Uudet jakelukanavat, Internet ja matkapuhelin, eivät ole toistaiseksi poistaneet perinteisten jakelukanavien tarvetta, eivätkä ole riittävästi tehostaneet informaation jakeluun liittyvää toimintaa. Puutteita on matkaketjuista tiedottamisessa, tiedon ajantasaisuudessa, tiedon luotettavuudessa ja häiriötiedottamisessa.

Henkilökunta keskittyy poistamaan häiriön mahdollisimman nopeasti, matkustajille tiedottaminen voi olla toisarvoista; tilannehan saattaa mennä nopeasti ohi vaikkapa yhden vuoron ajamattomuutena. Matkustajille olisi kuitenkin pystyttävä nopeasti ja ymmärrettävästi tiedottamaan häiriön syystä ja vaikutuksista. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi tieto tulee sekä koota keskitetysti ja tehokkaasti, että jakaa mahdollisimman monipuolisesti eri kanavia käyttäen.

Pysäkkitiedotusjärjestelmälle on olemassa tarve. Kuvassa 1 on HKL:n ENNEN-projektin kyselyyn vastanneiden matkustajien toiveet siitä, miten tiedot liikenteen häiriöistä välitettäisiin. Tutkimus on tehty raitiovaunuliikenteelle vuonna 2004. Tiedotusta halutaan eniten näyttötaulumuodossa (78%), kuulutuksena liikennevälineessä (67%) ja kuulutuksena pysäkillä (58%). [3]

Toimivien joukkoliikenteen häiriötiedotuksen rakenteiden ja prosessien muodostaminen on ensimmäinen askel kohti hyvää häiriötiedotuspalvelua ja sitä kautta joukkoliikenteen palvelutason nostamista. Keskeisellä sijalla on luotettavan ja laadukkaan joukkoliikenteen häiriötiedon kokoaminen yhteen paikkaan ja tiedon mahdollisimman monipuolinen ja ajantasainen jakaminen eri kanavia käyttäen. [2]



Kuva 1. Matkustajien toivomat häiriötiedotuksen muodot. [3]

Ajantasaisen häiriötiedotuksen tarpeellisuus korostuu erityisesti pysäkeillä ja alueille, joissa häiriötiedotus ei yleensä tavoita matkustajaa, sillä näillä paikoilla matkustaja kokee helposti joukkoliikenteen odotusajan todellista pidemmäksi. Palautteet ja kyselyt liikenneneuvontaan tehdään usein juuri pysäkillä, jossa matkustaja odottaa joukkoliikennevälinettä saapuvaksi.

Joukkoliikenteen kehittämiseen liittyviä toimintoja on syntynyt runsaasti, esimerkiksi kännykkälippu ja reittineuvonta. Häiriöhallinta on rajoittunut häiriönpoistoon. Matkustajille suunnattu joukkoliikenteen häiriötiedotus on niukkaa, satunnaista ja se on vasta kehityksen alussa.

Liikenteen telematiikkasovelluksissa hyödynnetään hyvin monenlaista teknologiaa. Tärkein telemaattisia sovelluksia mahdollistava teknologia on langaton tiedonsiirto. Erityisesti langaton datasiirto tulee lähivuosina mahdollistamaan hyvin monimuotoisia telemaattisia palveluja. Liikenteen telematiikassa tulee olemaan käyttöä sekä yksi- että kaksisuuntaiselle langattomalle tiedonsiirrolle. Yksisuuntaiset lähetykset sopivat kaikkia tienkäyttäjiä kiinnostavien palvelujen lähettämiseen, kun taas interaktiivisuus ja henkilökohtaiset palvelut vaativat kaksisuuntaista tiedonsiirtoa. [1]

Tietoyhteiskunnan potentiaali on vielä vanhojen tottumusten vankina, sillä ihmisten päivittäiset tottumukset ovat syvälle juurtuneita. Teknologian ja siihen perustuvien ratkaisujen tulee olla huomaamattomia ja äärimmäisen helppokäyttöisiä, jotta käyttöönottokynnys ylittyisi. Informaatiopalvelut ovat myös osa tietoyhteiskuntaa. Erityisesti langattomia verkkoja käyttäen palvelut saadaan paikasta riippumattomaksi sinne, missä tiedolle on tarve. [7]

Tiedotuspalvelun saamisen esteenä lähes joka pysäkillä on hinta. Riittävän edullista järjestelmää ei ole ollut saatavissa. Edullisuus pitää sisällään koko järjestelmän; sen pitää olla melko luotettava, toiminnaltaan yksinkertainen ja helppo asentaa paikoilleen.

1.2 Työn tavoitteet

Diplomityön tavoitteena on tuottaa vaatimusmäärittely julkisen liikenteen häiriötiedotusjärjestelmälle. Häiriötiedotuksen kohteena ovat pysäkeillä olevat matkustajat. Tavoitteena on määrittellä komponenteiltaan nykyisiä tiedotusjärjestelmiä huomattavasti edullisempi järjestelmä, joka on asennettavissa kaikille pysäkeille. Järjestelmä tulee olemaan tekstipohjainen. Tutkimustyön tuloksena saadaan vaatimusmäärittelyn mukainen vähimmäisvaatimustason toteuttava järjestelmä.

Diplomityössä esitetään yleiset vaatimukset, jotka järjestelmän tulee toteuttaa olakseen riittävän käyttökelpoinen sekä määrittää minimiarvot luotettavuudelle ja käytettävyydelle. Työssä esitellään myös fyysisen ympäristön aiheuttamat rajoitteet sekä pohditaan eri teknologioiden soveltuvuutta järjestelmän toteuttamiseksi kustannustaso huomioiden. Vaatimusmäärittelyn yhteenvedona selvitetään kriittisimmät vaatimukset laitteistoille ja haetaan niiden pohjalta toteutusvaihtoehdot. Lopuksi pohditaan tiedotusjärjestelmän toteuttamiskelpoisuutta.

1.3 Työn rajaukset

Malleina nykyisistä tiedotusjärjestelmistä sekä toiminnallisuusvaatimuksista haetaan Helsingin Kaupungin Liikennelaitoksen (HKL) käyttämistä tai kehittämistä ratkaisuista. Samoin vaatimukset ja esimerkkiratkaisut uudelle järjestelmälle sovitetaan ensisijaisesti HKL:n toimintaympäristöön. Vaatimusmäärittelyn järjestelmä eroaa jo olevista siinä, että järjestelmässä tullaan käyttämään yleisesti saatavilla olevaa ja edullista teknologiaa.

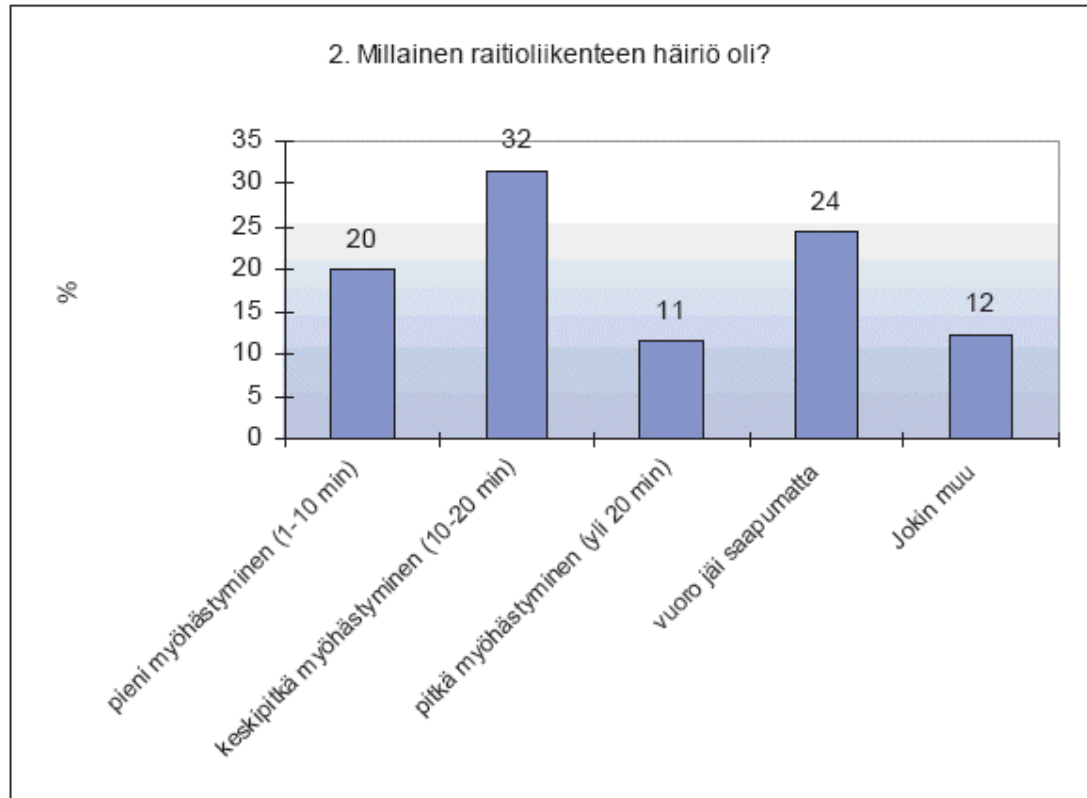
1.4 Työn rakenne

Toisessa luvussa käsitellään liikenteen häiriötilanteita, niiden syitä ja kuinka matkustaja kokee häiriön. Kolmannessa luvussa käsitellään häiriötiedotusta; tiedotusta prosessina ja millaista tiedotus tällä hetkellä on. Neljännessä luvussa luodaan katsaus ulkomailla käytössä oleviin liikennetiedotusjärjestelmiin. Viidennessä luvussa selvitetään GSM järjestelmän toimintaa SMS viestien osalta. Helsingin kaupungin liikennelaitoksen nykyisen tiedotusjärjestelmän rakenne ja tiedotustoiminta esitellään kappaleessa kuusi ja samassa kappaleessa selvitetään myös tässä työssä esitetyn uuden tiedotusjärjestelmän rakennetta ja toimintaa. Järjestelmän vaatimusmäärittely on kappaleessa seitsemän. Aluksi tuodaan esille vaatimusmäärittelyssä käytettyjä menetelmiä; tärkeimpinä esteettömyys, ISO 9000 ja kokonaisvaltainen laatujohtaminen. Vaatimusmäärittely alkaa HKL:n vaatimuksista uudelle järjestelmälle. Aluksi käydään läpi ympäristöolosuhteet ja muut raskaudet, joihin tekniikka joutuu, sitten selvitetään tarvittavat komponentit ja sähköisistä osista niiden mitoitus.

Salaisessa osassa käydään läpi uuteen häiriötiedotusjärjestelmään ehdolla olevien laitteiden ominaisuuksia ja tuotetietoja. Lopuksi vertaillaan niiden sopivuutta häiriötiedotusjärjestelmään vaatimusmäärittelyn avulla.

2 HÄIRIÖTILANTEET

Julkisen liikenteen toiminta on mitoitettu normaalitilanteen mukaan. Kun jotain tapahtuu, kyseessä on häiriötilanne. Matkustajan kannalta kyse on lähes aina myöhästymisestä. Kuvassa 2. on HKL:n ENNEN- projektin kyselyyn vastanneiden matkustajien kokemien häiriöiden tyyppi. [3]



Kuva 2. Matkustajien ilmoittama liikennehäiriön tyyppi. [3]

Syitä liikenteen häiriöihin ovat: Linja-auton lähdön myöhästyminen, keli, onnettomuus, ilkivalta, ruuhka, liikenteenohjaus ei toimi, katu suljettu, tapahtuma, rakennustyö, liikenne-este, linja-auton vioittuminen, kuljettajan sairastuminen tai häirikömatkustaja.

Häiriöt vaihtelevat vakavuuden, keston, ennustettavuuden ja laajuuden mukaan. Äkillisissä ja ennalta odottamattomissa tilanteissa häiriön kesto on hankalasti arvioitavissa, tällaisia ovat liikennevälineen rikkoutuminen tai liikenneonnettomuus. Ennalta tiedossa olevissa häiriöissä, kuten mielenosoitukset ja suurtapahtumat, ongelmana on matkustajan tavoittaminen: Paperiset tiedotteet pysäkeillä jäävät helposti huomaamatta. [9]

Matkustajan kannalta tilanne on kunnossa, kun odotettu liikenneväline tulee paikalle tai matka jatkuu. Lisäongelmia saattaa ilmetä, kun ainoaksi jatkoyhteydeksi tarkoitettu yön viimeinen kulkuväline onkin jo mennyt.

Häiriötiedotteen olisi siis pystyttävä tiedottamaan myös jatkoyhteyksistä ja niiden mahdollisista muutoksista. Häiriötiedotteet vaativat monien liikenneyhteystietojen linkitystä. Tällä hetkellä matkustajan paras tietolähde on, jos pysäkillä ei ole tie-

dotusjärjestelmää, soittaa omalla GSM-puhelimella liikennelaitoksen puhelinneuvontaan tai selainominaisuuksilla varustetun puhelimen omistaja voi katsoa mahdollista tiedotetta Internetistä.

Joukkoliikenteen palveluiden suunnittelun ja kehittämisen lähtökohtana on oltava matkustajanäkökulma. Matkustajan kannalta olennaista on matkaketjun toimivuuden varmistaminen sekä matkustamisessa olevien niin ongelmien ja puutteiden kuin mahdollisuuksienkin tunnistaminen. Matkaketjussa ennakkotiedotuksen lisäksi korostuu pysäkki-informaatio: Pysäkillä oleva matkustaja on kaikkein haavoittuvimmassa asemassa, jos joukkoliikennevälineen saapumisessa on häiriötä. Tästä todistaa myös se, että suuri osa HKL:lle tulevista palautteista ja liikenne-neuvonnan kyselyistä tulee juuri pysäkillä odottavilta matkustajilta. [4]

Taulukosta 1 ilmenee maaliskuussa 2003 HKL:n raitioliikenteen tilastoimat häiriöt. Vastaavia taulukoita linja-autoliikenteestä ei ollut saatavilla. Taulukosta voi havaita, että suurimmat syyt häiriöihin olivat tekniset viat ja liikenteen häiriöt. Eniten häiriötä aiheuttavat syyt ovat tietyllä ajanjaksolla toistuvia ja ennustettavia. Ennakkoon tiedossa olevista häiriöistä ja niistä johtuvista poikkeuksista tehdään tiedotteet, jotka jaetaan liikennöitsijöille. HKL:n tiedotusyksikkö hoitaa näissä tapauksissa matkustajien tiedottamisen.

Kun joukkoliikenteen häiriötä on tulossa ennakkoon tiedossa olevista tapahtumista, matkustajat eivät huomaa katsoa poikkeusreitti- tai poikkeusaikataulutiedotusta, vaikka tiedotukseen olisi panostettu. Tosin kaikkien tapahtumien järjestäjät eivät ilmoita tulevista tapahtumista HKL:lle. [2]

Taulukko 1

HÄIRIÖN AIHEUTTAJA	LÄHTÖÄ (kpl)	PROSENTTIOSUUS (%)
Henkilökuntapula	114	11,89
Teknillinen häiriö	662	69,03
Liikennehäiriö	117	12,20
Muu häiriö	66	6,88
Yhteensä häiriöitä	959	100 %
Yhteensä	6484 linjakm	448 linjatuntia

Häiriöt raitioliikenteessä maaliskuussa 2003. [2]

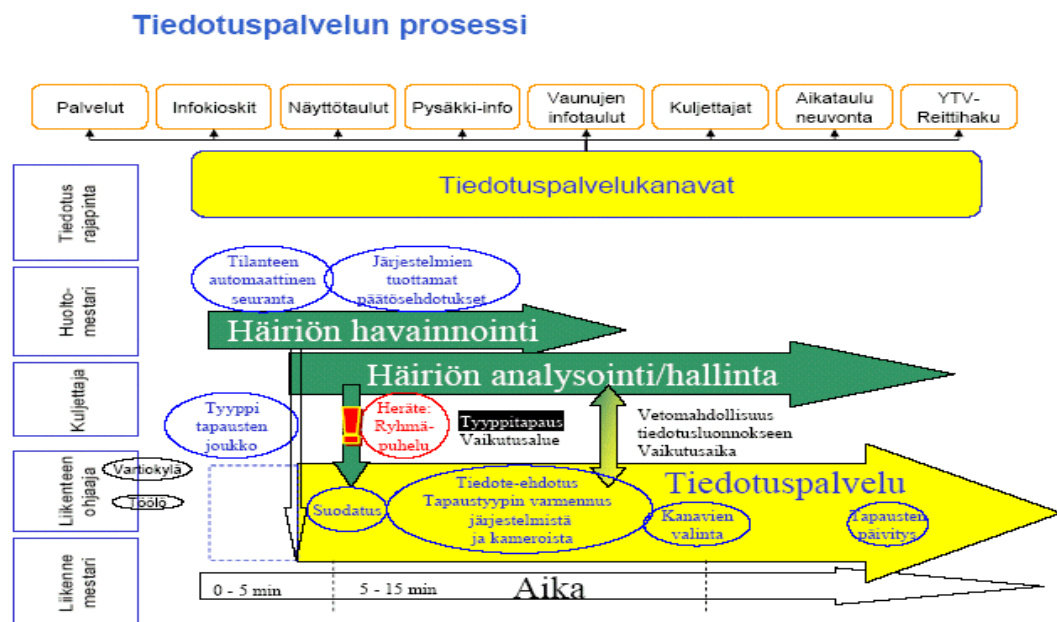
3 HÄIRIÖTIEDOTUS

3.1 Häiriötiedotusprosessi

Häiriötiedotus on vaativa alue, koska sitä on vaikea täydellisesti automatisoida. Kyseessä on lähes aina jokin odottamaton tapahtuma. Liikenteenohjaajien tehtävänä on häiriön hoitaminen ja tiedottaminen on eriytetty sen alan osaajille. Prosessien eriyttäminen on hyvä asia, kunhan eri osapuolten yhteistyö toimii. [3] Häiriön tapahtuessa lähtee käyntiin kaksi prosessia: Häiriötiedotusprosessi ja häiriön korjaus. Tapahtuma on kuvassa 3.

Toimivan häiriötiedotuksen kannalta on oleellista tiedon keskittäminen yhteen paikkaan, jossa tapahtuu tiedon havainnointi, kokoaminen, analysointi ja jakelu. Tällainen paikka on liikenteenohjauskeskus, jossa liikenteenvalvoja ottaa tiedotteen vastaan.

1. Tiedon havainnointi perustuu herätteenä saatavaan ilmoitukseen: Kuljettaja ilmoittaa radiopuhelimella liikenteenohjauskeskukseen häiriöstä tai automaattinen ilmaisin ilmoittaa liikennevalojen toimimattomuudesta.
2. Tiedon kokoamisen suorittaa liikenteenvalvoja, joka tutkii tilanteen.
3. Tieto analysoidaan ja jalostetaan arvioimalla häiriön haitta-aste ja kesto-aika. Tietoa kerätään lisää liikennekameroilta ja muilta liikkujilta. Tiedotteelle annetaan tapausnumero.
4. Tiedote lähetetään niille pysäkeille, joihin se kohdistuu. Tieto lähetetään muille sopimuksen mukaisille palvelun tarjoajille; radioasemat, teleoperaattorit, jne. Tiedotteet poistetaan tilanteen normalisoiduttua.[2]



Kuva 3. Häiriötiedotusprosessi [9]

3.2 Häiriön korjaus

Vikailmoituksen saatuaan korjauspartio hoitaa korjaustyön ja/tai tilataan korvaavia palveluita, kuten ylimääräisiä ruuhkavuoroja tai muuta poikkeustilanteen vaatimia toimenpiteitä.

3.3 Häiriöviestit

Häiriöviestin tulee sisältää: Häiriön syy, vaikutukset, kesto ja vaihtoehtoiset kulkuvälineet. Häiriöviesti voi olla seuraavan mallin muotoinen, joista on esimerkkinä VM-Data Oy:n projektisuunnitelmasta: "HKL häiriötiedotus XML-rajapinta" [3]:

Linjat 3B Eläintarhaan päin, 6 Hietalahteen päin ja 7B Senaatintorille päin linja poikki. Syy: kulkue. Paikka: Aleksanteriteatteri. Häiriö alkoi: 17:10. Arvioitu kesto: 17:25 asti.

Matkustajat ovat suhtautuneet myönteisesti tietopalveluun ja sen laajentamista on toivottu. Myös kielteistä palautetta on tullut erityisesti tilanteissa, joissa häiriö on todellisuudessa ollut olemassa, mutta häiriötietopalvelu on ilmoittanut liikenteen toimivan normaalisti. Osa tällaisista tilanteista on aiemmista häiriöistä johtuvia viivästyksiä. Tätä ongelmaa on yritetty korjata siten, että häiriön päätyttyä annetaan uusi viesti, jossa kerrotaan jälkitilanteesta. Viesti voi olla esimerkiksi muotoa [3]:

**Aiemman häiriön takia linjat 3B ja 3T ovat myöhässä.
Arvioitu häiriön kesto noin yksi tunti**

Tällöin käyttäjä saa ilmoituksen siitä, että häiriö on ohi ja että liikenne kulkee, mutta pieniä viivästyksiä voi silti olla. Pilotin aikana on esiintynyt myös tilanteita, joissa häiriötiedote on tehty, mutta se ei ole päätyntä rajapintaan. Tällaisten tapausten välttäminen jatkossa on ensiarvoisen tärkeää. Matkustajan tulee voida luottaa tiedon oikeellisuuteen, muuten palvelua ei koeta hyödylliseksi ja sen käyttöä ei omaksuta yleisesti. [3] Kuvassa 4 on Tampereen liikennelaitoksen keskustapysäkillä sijoitettu näyttötaulu, kuva on kirjoittajan ottama. Huomaa tolpan päässä oleva antenni.



Kuva 4. Pysäkin massiivinen näyttötaulu.

4 LIKENNETIEDOTUSJÄRJESTELMÄT ULKOMAILLA

Ulkomailla on jo hyödynnetty joukkoliikennetiedotuksessa digitaalista televisioverkkoa (DVB-T) ja muita digitaalisia jakelukanavia (DAB, DARC), kuten myös uutta näyttötekniikkaa. Niitä on käytetty osana reaaliaikaista matkustajainformaatiojärjestelmää mainostamiseen ja tiedottamiseen.

Esimerkkeinä esitetään suurimpien pohjolan kaupunkien liikennelaitoksien tiedotusjärjestelmiä. Lisäksi esitetään Pariisin ja Singaporen tiedotusjärjestelmät niiden erilaisuuden vuoksi. Pohjoismaissa käytetään yleisesti GSM verkkoa tiedotukseen, kun Pariisissa käytetään FM taajuuksia ja Singaporessa TV taajuuksia.

4.1 Tukholman liikennetiedotusjärjestelmä

Trafiken.nu on Internetissä ja GSM:ssä toimiva matkustajainformaatio-palvelu, joka toimii Tukholman, Göteborgin ja Skånen alueilla. Trafiken.nu tarjoaa apua reitin-suunnitteluun ja tuottaa ajantasaista aikataulutietoa Internetiin ja WAPin avulla myös matkapuhelimiin. Järjestelmä tiedottaa liikenteen häiriöistä ja antaa poikkeustilanteiden aikana matkustajille suosituksia vaihtoehtoisista reiteistä.

Vuonna 2002 Tukholma asensi kaikkiin linja-autoihinsa COPILOT-tietokoneen. COPILOT mahdollistaa muun muassa ajoneuvon jatkuvan paikantamisen GPS:n avulla ja se ohjaa pysäkeille viestejä ajantasaisesta matkustajainformaatiosta. Syksyllä 2003 Tukholman liikennelaitos asensi linja-autoihin TETRA järjestelmän. TETRA korvasi Tukholman linja-autojen aiemmat kommunikointijärjestelmät. Järjestelmä mahdollistaa ajantasaisen tiedonsiirron linja-autoista pysäkeille ja liikennevaloihin. [25]

4.2 Göteborgin liikennetiedotusjärjestelmä

Göteborgissa on käytössä pääosin ruotsalaisen AB Thorebin kehittämä KomFram järjestelmä. Järjestelmän tavoitteena on tuottaa ajantasaista ja luotettavaa tietoa matkustajille sekä vähentää joukkoliikenteen liikennöintikustannuksia. Järjestelmään kuuluu Göteborgin jokainen raitiovaunu- sekä linja-autolinja. KomFram päivittää jokaisen ajoneuvon sijainnin 30 sekunnin välein. Göteborgin järjestelmä koostuu 500 induktiosilmukasta, 300 tienvarressa sijaitsevasta tietokoneesta, 30 alueellisesta tietokoneesta ja 20 keskustietokoneesta. Lisäksi järjestelmään kuuluu lukuisia liikennevaloja, muuttuvia opasteita ja kilpiä sekä noin 500 ajoneuvotietokoneita.

KomFram koostuu useasta eri osa-alueesta. Aikataulu- ja reittiopastustietoa on saatavilla internetistä ja GSM-puhelimesta. Matkan aikana matkustaja saa reaaliaikaista informaatiota pysäkkien opastetauluista sekä ajoneuvojen sisällä olevista muuttuvista opastekylteistä. Ajoneuvossa tiedotetaan kahden seuraavan pysäkin nimistä ja seuraavan pysäkin nimi kuulutetaan aina automaattisesti.

Reaaliaikaisen aikatauluinformaation lisäksi järjestelmä tiedottaa myös liikenteen häiriötilanteista ja mahdollisista poikkeusjärjestelyistä. Häiriöistä tiedottaminen tapahtuu pysäkillä oleviin näyttötauluihin, Internetiin ja WAP palveluun. Pysäkeille on myös sijoitettu kaiuttimia, joita käytetään häiriötilanteista tiedottamiseen.

Göteborgin alueella on keskeisillä paikoilla useita informaatiokioskeja, joista saa ajantasaista tietoa kaikista lähialueen joukkoliikennepysäkeistä. Reittitietopalvelu ehdottaa kahden määritellyn pisteen välille useita reittejä: reittikartat ja aikataulut näytetään odotusaikoinen. [25]

4.3 Pariisin liikennetiedotusjärjestelmä

Pariisin metropolin alueen joukkoliikenteestä vastaava RATP (Regie Autonome des Transports Parisiens) on toteuttanut matkustajainformaatiojärjestelmän, joka tarjoaa matkustajille ja RATP:n ajoneuvojen kuljettajille tietoa joukkoliikenteen sujuvuuden parantamiseksi. Järjestelmä on asennettu 2000 linja-autoon ja RATP:n tavoitteena on asentaa järjestelmä kaikkiin sen käytössä oleviin noin 4000 linja-autoon.

Pysäkkien näyttötauluilla tiedotetaan linja-auton saapumisaikatieto minuutteina. Näyttötaululla tiedotetaan mahdollisista häiriötilanteista. Ajoneuvon kuljettaja voi omasta näyttölaitteestaan seurata matkan edistymistä ja säätää sen perusteella ajonopeuttaan. Järjestelmä mahdollistaa myös kuljettajien ohjauskeskukselle lähettämät hätäviestit, jotka sisältävät ajoneuvon sijainnin ja hädän luonteen.

Radioyhteyteen käytetty verkko on kapeakaistainen GSM-verkkoa muistuttava Mobitex-verkko, jossa yksi radiokanava voidaan jakaa 1500 dataterminaalin kesken. Ohjauskeskuksen ja näyttötaulujen välinen radiosiirtotie on toteutettu digitaalisen DARC radioverkon avulla. DARC eli Data Radio Channel käyttää hyväkseen olemassa olevia FM radiotaajuuksia lisäämällä digitaalista dataa analogiseen radio-signaaliin. Radioliikenne on yksisuuntaista ja sen tiedonsiirtonopeus on noin 9,7 kbit/s. [25]

4.4 Singaporen liikennetiedotusjärjestelmä

Singaporessa MediaCorp TV -yhtiön (Media Corporation of Singapore) tytäryhtiö TVMobile on toteuttanut DVB-T tekniikkaan pohjautuvan järjestelmän, jonka avulla yleisten kulkuvälineiden käyttäjille lähetetään TV ohjelmia. Ohjelmatarjontaa sisältää reaaliaikaisia taloustietoja, uutisia, viihdettä ja tiedotuksia.

TVMobile:n tavoitteena on tulla alueellisesti johtavaksi mainosmedian välittäjäksi. Vastaanottimia on asennettu 1500 Singapore Bus Service:n omistamaan linja-autoon ja joihinkin turistilauttoihin. TV Mobile lähettää ohjelmaa yhdellä kanavalla, jonka lisäksi ohjelmaan liittyvä ääni lähetetään DVB-T -signaalin lisäksi FM -radio-signaalina. Singaporessa käytettävät näyttölaitteet ovat perinteisiä TV-vastaanottimia. [25]

4.5 Yhteenveto

Tässä esitettyjen kaupunkien liikennelaitoksien tiedotusjärjestelmät ovat satunnaisesti valittuja. Maailmalta löytyy paljon lisää erilaisia sovelluksia. Esimerkeistä käy ilmi eri tekniikan valintojen mahdollisuus. Liikenteen seuranta ja tiedotusta voidaan hoitaa monin eri tavoin. Kyse on ainoastaan siitä, mitä tiedonvälitystapaa pidetään parhaana, varmimpana tai edullisimpana. Järjestelmän valintaan vaikuttaa lisäksi liikennemäärät, nopeuserot ja ilman lämpötila.

Tiedotusjärjestelmät koetaan myönteisesti. Helsingin kaupungin pieni koko on rajoittava tekijä tiedotusjärjestelmän kustannuksille. Helsinkiä pienemmissä kaupungeissa on kehitetty joukkoliikennettä yllättävinkin tavoin. Esimerkiksi Maarianhaminassa on linja-autoliikenne matkustajille ilmaista, säästöt ovat tulleet lipun myynnin poisjäännistä.

5 HENKILÖKOHTAISET TIEDOTUSJÄRJESTELMÄT

5.1 GSM

Euroopassa ja Japanissa henkilökohtaisista langattomista jakelukanavista suosituimpia ovat matkapuhelimet ja Amerikassa kynämikrot. Euroopassa palveluita käytetään GSM Data-verkon kautta ja Japanissa Personal Digital Cellular (PDC) matkaviestiverkon kautta. Amerikassa on käytössä useita erilaisia ratkaisuja. Kehitys on tapahtunut 90-luvun lopulla ja standardoinnissa on ollut mukana päätelaitteiden valmistajia ja palveluoperaattoreita.

Jakelukanavien verkot on alunperin suunniteltu ainoastaan puhelinliikenteen palvelemiseen. Verkkoihin on saatu lisäpalveluita päivittämällä GSM:n verkkostandardeja. GPRS tarjoaa pakettivälitteisen verkon ja EDGE lisää tiedonsiirtonopeutta. Nämä teknologiat tunnetaan nimellä 2+ sukupolvi.

5.1.1 Lyhytsanomapalvelu

Alkujaan GSM verkon hakulaitteen korvaajaksi kehitetty lyhytsanomapalvelu, englanniksi Short Message Service (SMS) on ollut kaupallinen menestys. Toiminto lähettää 160 merkkiä sisältävän viestin toiseen GSM puhelimeen tai ryhmälle. Monipuolisemmissa puhelimissa 160 merkin viestejä voi myös yhdistää toisiinsa. SMS sanoma koostuu 160:tä seitsemän bittisestä merkistä. Palvelujen käyttö on painottunut matkapuhelinten viihdepalveluihin; soittoäänien ja ikonien tilaamiseen.

SMS viesti välitetään SMSC:n (Short Message Service Center) kautta. SMSC hakee matkapuhelimen sijainnin GSM verkon HLR:n (Home Location Register) kautta. SMS protokollapinossa on neljä kerrosta: Sovelluskerros, joka sisältää viestiä lukevan/kirjoittavan ohjelmiston. Siirtokerroksessa viestit kulkevat SMS palvelukeskukseen. Välityskerros hoitaa viestin välityksen vastaanottajalle ja protokollan alin kerros toimii GSM verkon fyysisenä alustana.

5.1.2 Yleislähetys

Radiopuhelinverkon ominaisuutta, jonka avulla on mahdollista lähettää viestejä massa- ja ryhmäjakeluna, nimitetään yleislähetykseksi, englanniksi broadcast. Tällöin yhdellä kertaa lähetetty tieto on samalla hetkellä vastaanotettavissa useassa paikassa useilla eri päätelaitteilla. Yleislähetykselle on tyypillistä, että käytössä on yksisuuntainen, yhdeltä monelle siirtotie. Tietoliikennekustannukset ovat melko riippumattomia vastaanottajien määrästä. Myös tiedonsiirron laatu on riippumaton vastaanottajien määrästä. Tieto vastaanotetaan samanaikaisesti tai melkein samanaikaisesti kaikkialla. Lisäksi laajan peittoalueen järjestäminen on helppoa.

Data broadcastissa lähetetään viestejä laajalle, mutta kuitenkin rajoitetulle ryhmälle. Ryhmä on etukäteen tilannut itselleen jonkin palvelun, jonka puitteissa heille

lähetetään tietoa halutusta aiheesta. [21]

5.1.3 WAP

WAP (Wireless Application Protocol) on 90-luvun lopussa kehitetty arkkitehtuuri, joka otti huomioon kannettavien päätelaitteiden pienet näytöt. Arkkitehtuurissa on yhtymäkohtia www:n tekniikkoihin. WAP määrittelee sisältöformaatit, yhteis-, tietoturvakäytännöt ja tiedonsiirron. [21]

Wap on huonosti markkinoitu palvelu. Tällä hetkellä WAP-käytön aloittamisen ongelmana on puhelinten WAP-asetuksien monimutkaisuuden lisäksi se, ettei yhteyden hintaa tiedetä, joten wappia ei uskalleta edes kokeilla. Palvelujen maksullisuus on sekavaa, joistain palveluista peritään vain yhteismaksu, toisista myös lisämaksuja.

6 HELSINGIN KAUPUNGIN LIIKENNELAITOKSEN TIEDOTUSJÄRJESTELMÄ

6.1 Ajantasainen järjestelmä

Ajantasainen tiedotusjärjestelmä linja-autopysäkillä on nykyisin poikkeus. Nämä poikkeukset ovat toiminnassa asutuskeskuksissa, missä muutenkin on runsaasti julkisen liikenteen kauttakulkua ja päätepysäkkejä. Ajantasainen tiedotus on enimmäkseen siellä, missä on muutenkin erinomaiset yhteydet ja matkustajien on helppo vaihtaa toimivaan liikenneyhteyteen suunnitellun yhteyden pettäessä.

Ajantasainen järjestelmä ei paranna liikennevälineiden luotettavuutta, mutta voidaan olettaa, että hyvin organisoitu tiedotusjärjestelmä parantaa liikennelaitoksen sisäistä tiedonkulkua niin, että häiriötiedotteisiin reagoidaan palvelua tuottavassa organisaatiossa tehokkaammin ja näin häiriön poisto saattaa nopeutua.

Ajantasainen tiedotus poistaa tai ainakin vähentää epävarmuutta kulkuneuvon saapumisesta tai sen jo menemisestä. Todella tarpeellista ajantasainen tieto on sellaisilla liikenteen linjoilla, joilla ajoajan hajonta linjan päästä päähän on tavanomaista laajempi. Täydellinen ajantasainen tiedotus joukkoliikennejärjestelmän tilasta perustuisi ajoneuvojen paikannukseen satelliitti- tai muulla paikannusjärjestelmällä.

6.2 Nykyinen tiedotusjärjestelmä

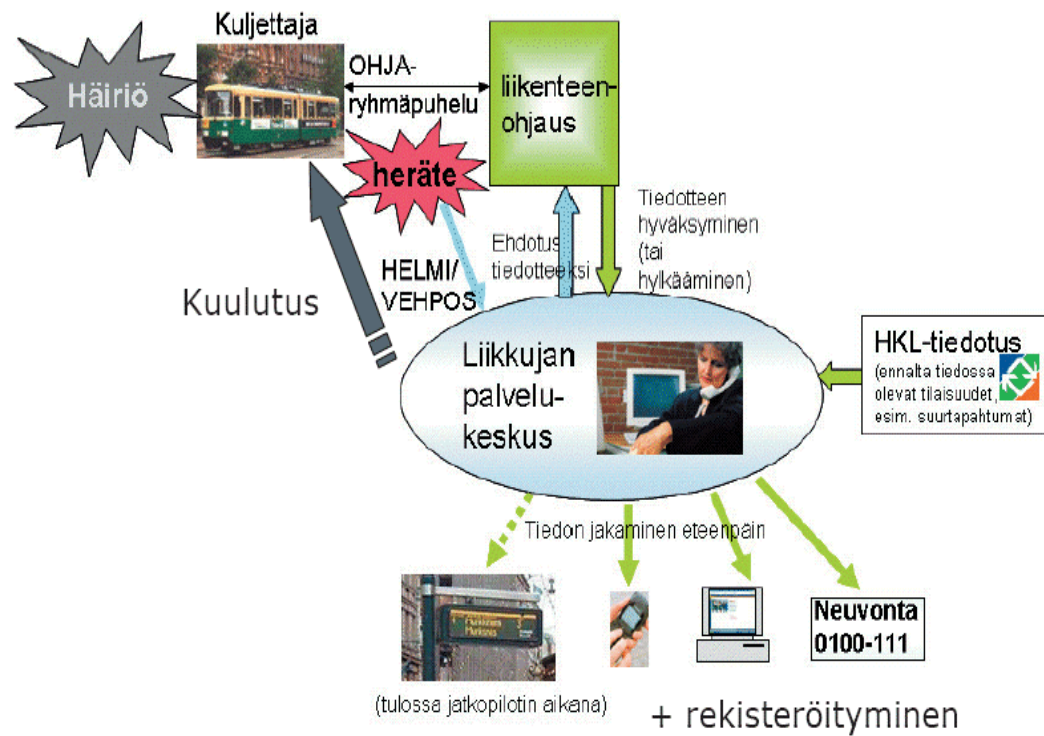
Linja-autopysäkeillä saattaa olla huomattava määrä matkustamiseen liittyvää tietoa; reittikartat, aikataulut ja milloin linja-auto ohittaa kyseessä olevan pysäkin. Lisäksi saattaa olla kiinnitettynä vaihtuvia tiedotteita, kuvassa 5 on esitetty pysäkillä oleva häiriötiedote, sijainti on Helsingin keskustassa.

Tyypillisin julkisen liikenteen tiedote on ennakkoilmoitus, jossa tiedote on käyty etukäteen kiinnittämässä paikoilleen. Lisäksi tiedotteeseen saattaa liittyä päiväyksiä ja kellonakoja, jolloin poikkeustilanne on voimassa. Tällainen tiedote ei ole ajantasainen eikä helposti luettavissa. Päiväykset ja kellonajat saattavat aiheuttaa sekaannuksia ja väärinymmärryksiä. Lisää väärinymmärryksiä tapahtuu, jos tiedotetta ei poisteta häiriötapahtuman jälkeen. Lisäksi tiedotteiden asentelu kuluttaa resursseja.

Ennakoivassa häiriöilmoittelussa voidaan nähdä myös sen tuoma negatiivinen lupaus; täytyykö palvelua tuottavan laitoksen pitää kiinni ilmoittamastaan häiriötilanteesta, vaikka vika saataisiinkin korjattua ennen häiriön virallista alkamisaikaa. Jos lupaus poikkeustilanteesta ei pidetä, lisää väärinymmärryksiä tapahtuu. Toisaalta informaation luotettavuusarvo laskee tuleviin ilmoituksiin nähden. Ennakoiva tiedotus on kuitenkin hyvää palvelua aina, kun häiriötilanteista voidaan tietää etukäteen. Tiedote voi olla myös Internetissä tai tekstiviestitetty palvelun tilanteille. Kuvassa 6 on nykyisen palvelun yleiskuvaus pääkaupunkiseudulle. Muutamalle pilottipysäkillä on asetettu koetiedotusnäyttö. Kuva kohdentuu raitiovaunuliikenteelle sen suuremman häiriöherkkyyden vuoksi, mutta se voisi kuvata myös linja-autoliikennettä.



Kuva 5. HKL:n perinteistä tiedotusta ennalta tiedossa olevasta häiriöstä. (4)



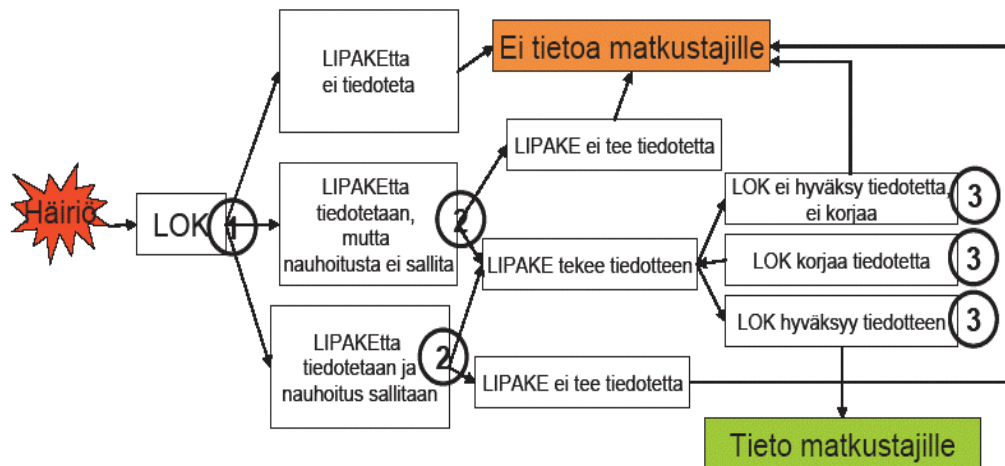
Kuva 6. Nykyisen palvelun yleiskuvaus muutamalla koepysäkillä. [5]

6.3 HKL:n tiedotusjärjestelmän toiminta

Tiedot nykyjärjestelmän toiminnasta on saatu HKL:n suunnitteluosastolta. Tiedotusjärjestelmä on tehty raideliikennettä varten, koska raideliikenne on häiriöherkintä. Häiriöilmoitus tehdään noin 15 minuuttia tai pidempään jatkuvasta häiriöstä. Tiedotukseen osallistuu suunnitteluosasto, Raitioliikenteen liikenteenohjauskeskus (LOK), Liikkujan palvelukeskus (LIPAKE) ja Kelikeskus.

Tiedotusjärjestelmän kulkukaavio on kuvassa 7. Raitioliikenteessä kuljettajat ilmoittavat häiriöistä radiopuhelimella Raitioliikenteen liikenteenohjauskeskukseen, joka edelleen välittää tiedon Liikkujan palvelukeskukseen, joka puolestaan välittää tiedon suodatettuna eri kanavia pitkin matkustajille. Lisäksi Lokissa ja Lipakkeessa on raitiovaunujen seurantanäyttö, joka kertoo, kulkevatko metrot ajallaan. Metroliikenteen liikennevalvomossa liikenteenohjaajat tarkkailevat junien kulkua näyttötaululta ja ottavat tarvittaessa yhteyttä rataradiojärjestelmän kautta kuljettajaan tilanteen tarkistamiseksi. Myös kuljettaja voi ottaa yhteyttä liikenteenohjaukseen. Metron liikenteenohjauskeskus on yhteydessä Lipakkeeseen.

Kaikissa liikennelaitoksen liikennemuodoissa liikenteenohjaushenkilöstö on yhteydessä kuljettajiin ja tarkkailee liikennevälineiden kulkua eri seurantajärjestelmien avulla. Lipake saa tiedon häiriöstä liikenteenohjaajilta. Lipakkeeseen on mahdollista asentaa monitoreja eri seurantajärjestelmille, mutta niiden tulkinta voi olla hankalaa, koska pelkällä tarkkailulla ei selviä häiriön tai myöhästymisen syytä, jonka vuoksi tarvitaan aina lisäksi henkilökohtaista tiedonvaihtoa. Ennakoon tiedetystä poikkeusliikenteestä laaditaan suunnitteluosastossa tiedote, joka lähetetään sähköpostilla HKL:n viestintään. Viestintä laatii niistä tiedotteet lehdistölle ja tekee myös kolmikielisen poikkeusviestin Lipakkeelle, joka välittää tiedon infojärjestelmän kautta matkustajille. Kielinä ovat suomi, ruotsi ja englanti. Kelikeskuksessa pyritään sää- ja keliolosuhteiden ennakoimiseen. Kelien analysoinnissa käytetään kameroita, keli- ja säähavaintoja. Kelikeskuksessa ei hyvien säiden aikana ole henkilökuntaa.



Kuva 7. Häiriötiedon kulku. [3]

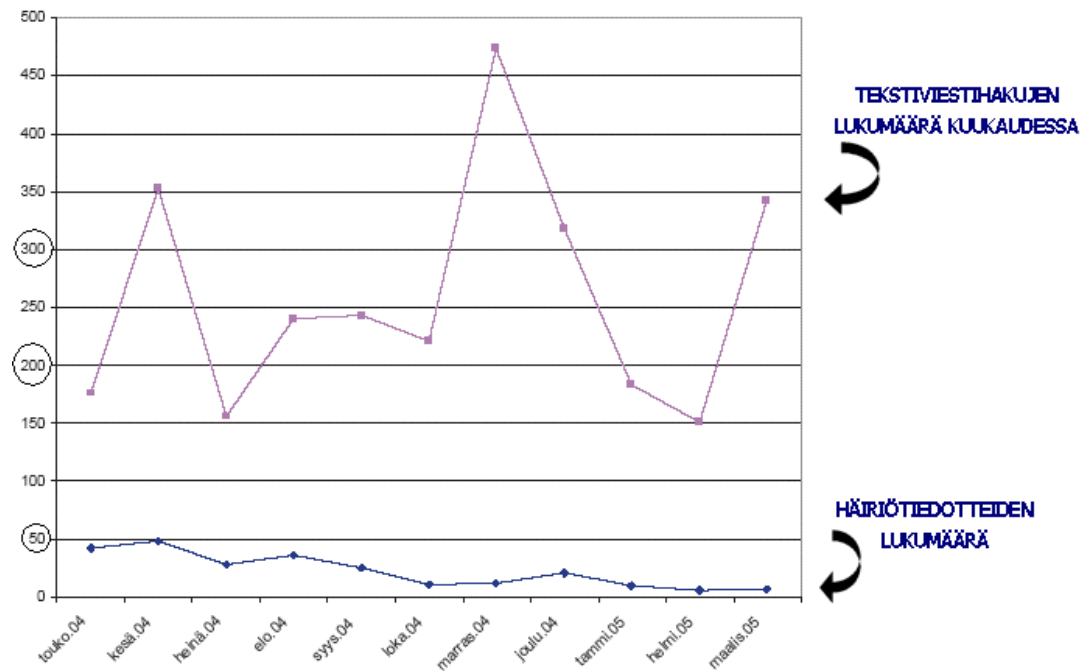
6.3.1 Häiriötiedotukset

Raitiliikenteen häiriöistä kerrotaan tällä hetkellä seuraavin eri tavoin:

- Internetissä osoitteessa www.hkl.fi
- GSM tekstiviestinä häiriöstä tiedusteltaessa
- liikenneneuvonnan puhelinnumerossa 0100-111, tiedote syntetisoituna puheena
- MONO- näytöillä, MONO-järjestelmä on Helsingin ja YTV:n yhteinen monitorien ja näyttötaulujen hallintaohjelmisto, joka on valmistunut vuonna 2003. MONO-näytöillä esitetään bussien aikataulunmukaisia lähtö- ja ohitusaikoja isoissa lähtöpis-teissä.
- rekisteröitymällä tiedotuspalveluun, jolloin matkustaja saa automaattisesti teksti-viestin ja/tai sähköpostin häiriön tapahtuessa
- HKL:n Omat lähdöt -palvelussa mahdollisen häiriötiedotetekstin voi lukea känny-kän tai tietokoneen näytöltä, joissa teksti rullaa aikataulutietojen yhteydessä.
- raitiovaunuissa kuulutuksina

6.3.2 Tekstiviestipalvelu

Kuukaudessa tekstiviestipalvelua on käytetty keskimäärin 200–300 haun verran toukokuusta 2004 maaliskuuhun 2005, kuva 8, ylempi käyrä. Alemmassa käyrässä näkyy hyväksytyjen häiriötiedoitteiden määrä [3]. Kuvasta 8 on helposti hahmo-tettavissa häiriötiheys, koska matkustajat käyttävät tietopalvelua häiriöiden ilme-tessä. Pahin vuosittainen liikenteen häiriötekijä on ensilumi.



Kuva 8. Häiriötiedotteiden lukumäärä kuukausittain. [3]

Tekstiviestitse häiriöstä kyseltäessä matkustaja saa häiriötiedotteen suomeksi lähettämällä sanan INFO tai ruotsiksi lähettämällä sanan INFOS numeroon 1234. Paluuviestinä matkustaja saa tiedon häiriöstä. Jos lähettämishetkellä häiriötä ei ole

käynnissä, paluuviestinä on ”Ei häiriöitä”. Jos kysely tehdään muuna kuin palvelun toiminnassa oloaikana, viestin sisältö on palvelun toiminta-ajat.

Syksyllä 2004 häiriötiedotuspalvelua laajennettiin siten, että tekstiviestikyselyllä voi tiedustella myös tiettyä pysäkkiä koskevia häiriöitä. Tiettyä pysäkkiä koskeva kysely tehdään lisäämällä sanan INFO tai INFOS perään nelinumeroisen pysäkinnumero; esimerkiksi INFO 3400.

Toisena lisäpalveluna matkustajalle annetaan mahdollisuus ajantasaisten pysäkki-aikataulujen tilaamiseen pysäkkikohtaisesti käyttämällä tunnuksena pysäkinnumeroa. Tulevaisuudessa muiden joukkoliikennemuotojen yhdistäminen palveluun tukee pysäkkikohtaisten tietojen hakumahdollisuutta.

Palvelussa käyttäjä lähettää viestin ”INFO 1234”, mikäli pysäkin ohittavissa linjoissa ei ole häiriöitä, palauttaa järjestelmä pysäkin ohiajaviin linjojen aikataulut. Jos linjoja kulkee useampia saman pysäkin kautta, pyritään jokaiselta linjalta näyttämään vähintään kaksi seuraavaa ohitusaikaa.

Esimerkki palvelun toiminnasta: Haku: ”INFO 1234”

Vastaus: ”Ei häiriöitä. Pysäkin 1234 aikoja (ma 23.8.)

Linja 2 08:00 08:20 08:25 08:30 08:35.

Linja 4 08:02 08:22 08:27 08:32 08:38.”

6.3.3 Rekisteröintipalvelu

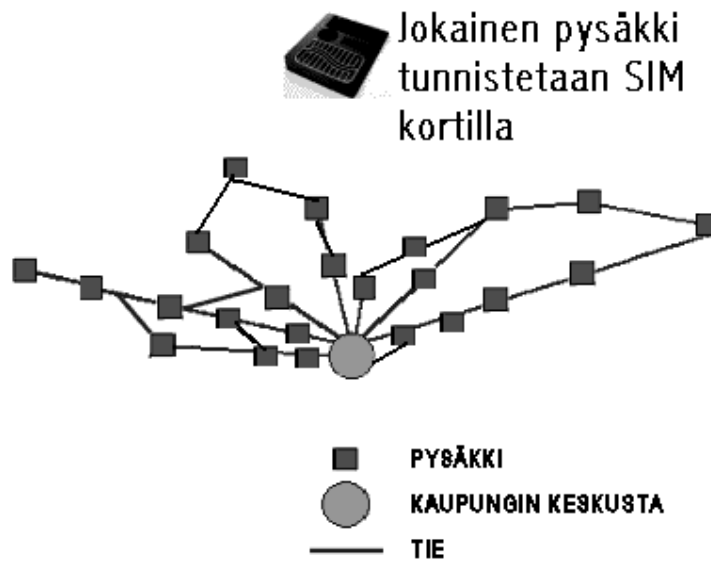
Matkustaja voi rekisteröityä yhden tai useiden linjojen käyttäjäksi Internetin tai gsm-puhelimen kautta ja saada täten häiriötietoa ainoastaan näistä linjoista. Käyttäjä voi rekisteröityä palveluun myös SMS- viestillä ”INFO tilaa linjatunnus”.

Esimerkki palvelun toiminnasta: ”INFO tilaa 3T”. Rekisteröitymisen yhteydessä matkustajalta olisi mahdollista kysyä myös taustatietoja, jonka avulla olisi mahdollista tehdä kanta-asiakasprofilointia.

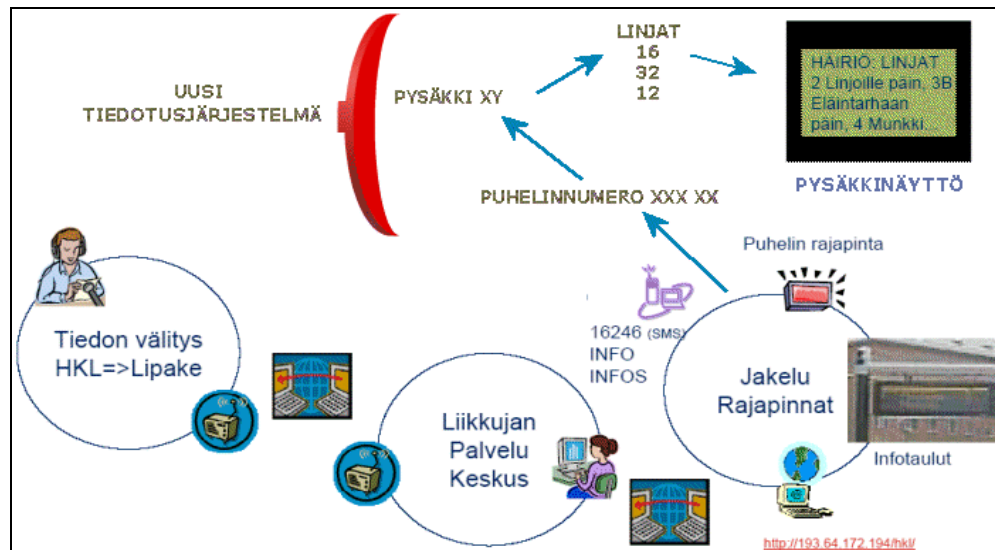
6.4 Uusi tiedotusjärjestelmä

Luvussa 4 esitetyt liikennelaitoksien tiedotusjärjestelmät ovat kalliita ja hyviäkin, mutta sama tieto voidaan välittää paljon pienimminkin kustannuksin. Markkinoilta on tällä alueella puuttunut pysäkkitiedotusjärjestelmien halpa versio.

Nykyisiä tiedotusjärjestelmiä paljon edullisempi ratkaisu saadaan aikaan, kun GSM vastaanotin välittää näytöllään tekstiviestit pysäkeille. Tällainen laitteisto on yksinkertainen, mutta silti riittävän toimintavarma järjestelmä. Myöskään kalliita kiinteitä asennuksia ei välttämättä tarvita, kuten kaapelointeja tai opastinpylväitä. Pysäkkien tunnistus tapahtuu SIM korttien avulla, kuva 9. Tiedonkulun kuvaus on kuvassa 10.



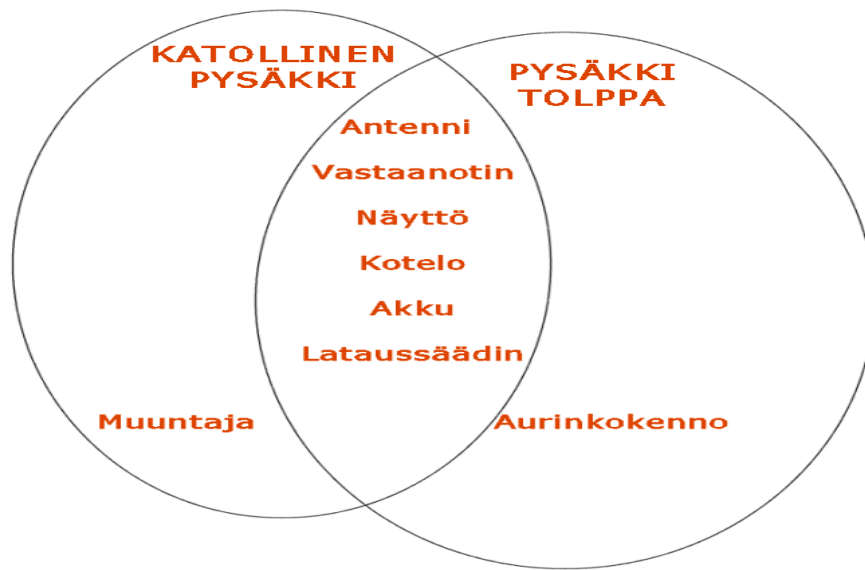
Kuva 9. Edullisen tiedotusjärjestelmän toimintaperiaatekuva.



Kuva 10. Tiedonkulun kuvaus uudessa järjestelmässä. [26]

Uusi järjestelmä koostuu GSM vastaanottimesta, näytöstä, varakäyntiakusta, antennista ja virtalähteestä, joka on tarpeen mukaan aurinkokenno tai verkkovirta. Kuvasta 11 selviää, että katollisen ja katottoman pysäkin varusteissa on ero ainoastaan virtalähteissä.

Vaatusmäärittelyssä on esitetty järjestelmälle asetetut vaatimukset ja salaisessa osassa esitellään järjestelmässä toimivat komponentit.



Kuva 11. Uuden järjestelmän komponenttikuvauk.

7 VAATIMUSMÄÄRITTELY

7.1 Johdanto

Vaatimusmäärittely on ensimmäinen vaihe, kun rakennetaan uutta järjestelmää tai korvataan vanha järjestelmä uudella. Hyvin tehty vaatimusmäärittely helpottaa kustannusten ja hyötyjen arviointia. Vaatimusmäärittelyssä kuvataan myös sellaisia ominaisuuksia, joita ei tulla toteuttamaan. Vaatimusmäärittely muodostaa alustavan pohjan ratkaisulle, josta voidaan poimia raja-arvoja.

Vaatimusmäärittely antaa perustan kehitystyölle, jonka avulla yksilöidään järjestelmän ominaisuudet ja toiminnot. Sitä käyttäen pyritään varmistamaan kaikkien näkökohtien huomioonottaminen sovittamalla eri tahojen tarpeet mahdollisimman hyvin toisiinsa. Vaatimuksia laitteen toiminnalle asettaa järjestelmän tilaaja, suunnittelija, toteuttaja ja sen käyttäjät. Vaatimusmäärittelyn avulla pyritään varmistamaan, että kehityksen myöhemmissä vaiheissa järjestelmää tarvitsee muuttaa mahdollisimman vähän. Vaatimusmäärittelyllä pyritään minimoimaan myöhemmin järjestelmään tarvittavien muutoksien aiheuttamat yllättävät lisäkustannukset.

Tuotetta kehitettäessä monet eri sidosryhmät asettavat tuotteelle vaatimuksia ja toiveita. Tuotteiden ja erityisesti käyttöliittymäsuunnittelun lähtökohtana tulee olla käyttäjän toiminnan tarkastelu ja analysointi. Tämä on usein vaihe johon ei riittävästi panosteta, vaan usein korostetaan teknistä suunnittelua, laitteiden ja komponenttien valintaa. Jos suunnittelun alkuvaiheessa ei perehdytä riittävästi loppukäyttäjän todelliseen käyttäytymiseen ja tuotteen käyttöön, voidaan suunnittelussa keskittyä epäoleelliseen ja kehittää käyttäjän tarvetta vastaamaton tuote.

7.1.1 Laadunhallinnan vaatimukset

Laadulle on olemassa useita määritteitä. ISO 8402 määrittelee laadun seuraavasti: "Tuotteen tai palvelun piirteiden ja erityistuntemerkkien kokonaisuus, jotka synnyttävät kyvyn täyttää tilan tai halutun tarpeen".

Vaikka määritelmiä on useita, voidaan huomata, että kaikissa määritelmissä on perimmäisenä tarkoituksena täyttää asiakkaan vaatimukset. "Laatu" tarkoittaa sellaisia tuotteen ominaisuuksia, jotka täyttävät asiakkaan tarpeet. Jatkuva laadun parantaminen lisää kustannuksia ja jossain vaiheessa parempi laatu maksaa enemmän kuin tuo tuloja. "Laatu" merkitsee vapautta virheistä, jotka vaativat uudelleen tekoa. Virheettömyys lisää kuluttajien tyytyväisyyttä. Oikein mitoitettu korkea laatu merkitsee yleensä vähemmän turhia kustannuksia, toiminnan tehostumista ja yleistä tyytyväisyyttä."

7.1.2 ISO 9000

ISO 9000 koostuu sarjasta standardeja, jotka sisältävät vaatimukset ja ohjeet laadun hallintaan. ISO 9000 koostuu viidestä standardista. Perustasolla ISO 9000 vaatii yrityksiä määrittelemään järjestelmän dokumentoinnille ja takaamaan, että käytäntöjä noudatetaan.

ISO 9000 peruseriaate on:

"Useimmat organisaatiot - teollisuus, kaupalliset tai valtiolliset - tuottavat tuotteita tai palveluita tyydyttääkseen kuluttajien tarpeet tai vaatimukset. Vaatimukset ovat usein kiinteitä 'vaatimuksia'. Joka tapauksessa, tekniset vaatimukset eivät voi itsessään taata, että kaikkien kuluttajien tarpeet täytetään. Esimerkiksi, vaatimuksissa voi olla puutteita tai organisaatiossa voi olla puutteita suunnitella ja tuottaa tuote tai palvelu. Tämä on johtanut standardien ja ohjeiden keräykseen."

7.1.3 Kokonaisvaltainen laatujohtaminen

TQM (Total Quality Management) on syntynyt Japanissa 1950-luvulla. Kirjallisuudessa on useita määritelmiä kokonaisvaltaiselle laatujohtamiselle. Laadun määritelmä Professori Noriaki Kanon kirjasta "Guide to TQM in Service Industries":

"Johtamistapa, jossa asiakasta tyydyttävän laadun varmistus on yrityksen keskeinen tavoite kaikilla tasoilla, johtajasta lattiatasolle ja kaikilla osa-alueilla tuotekehityksestä valmistuksen kautta myyntiin ja jälkimarkkinointiin asti."

Tuotesuunnittelu on kokonaisvaltaisen laatujohtamisen peruspilari. Tuotesuunnittelun lähtökohta voi muuttua kokonaisvaltaisen laatujohtamisen soveltamisen perusteella, koska tuote- tai tekniikkalähtöisestä suunnittelusta on siirryttävä asiakaslähtöiseen suunnitteluun.

Jatkuvaan kehittämiseen ja parantamiseen perustuva PDCA ympyrä kuvassa 12, on eräs kokonaisvaltaisen laatujohtamisen menetelmistä. PDCA on P = Plan, D = Do, C = Check ja A = Action. Suunnitteluvaiheessa PLAN määritellään tavoitteet ja menetelmät niihin pääsemiseksi. Toteutusvaiheessa DO tiedotetaan ja koulutetaan asianosaisia. Tarkastusvaiheessa Check suoritetaan saatujen tuloksien vertailua lähtötilanteeseen. Toiminta ACTION tilassa suoritetaan tarvittavat korjaavat toimenpiteet, ja pyritään estämään virheiden uusiutuminen. Lopuksi luodaan uudet tavoitteet ja aloitetaan PDCA ympyrä uudelleen.

Kokonaisvaltaiselle laatujohtamiselle on oleellista organisaation jatkuva kehittyminen ja pitkällä aikavälillä laatu on tärkein menestystekijä. Kun laatu paranee, kustannukset laskevat, tuottavuus lisääntyy ja myynti lisääntyy. Tämä filosofia koskee kaikkia ja kaikkea. [12]



Kuva 12. PDCA ympyrä

7.1.4 Tuotekehittäjän vaatimukset

Tuotekehitys ja sen merkitys yritykselle on monesti kohtalonkysymys ja varsinkin sellaisille yrityksille, jotka seisovat vain yhden tukijalan varassa. Näin on monesti erityisesti tietoliikenneyrityksissä, jossa tuotteiden elinkaaret ovat lyhytkestoisia. Jos uutta ja parempaa vain odotellaan, niin olevat tuotteet jäävät helposti huomiotta.

Tuotekehityksen peruslähtökohta on tarve. Tarve voi syntyä usean tahon vaatimuksista, mutta usein yksinkertaistettuna ajatellaan, että tarve on asiakkaan halu saada jotakin. Yritys tyydyttää tämän tarpeen tuottamalla joko fyysisen tuotteen tai sitten jonkin palvelun. Nykyisin kuitenkin tarve on huomattavasti epämääräisempi käsite ja sen tyydyttäminen on vaikeammin hahmoteltavissa. Tarve ei ole enää yksinkertainen esine, vaan ikään kuin arvoketju, joka muodostuu itse tuotteesta ja siihen oleellisesti liittyvistä lisäarvopalveluista.

7.1.5 Esteettömyyden vaatimukset

Tavoite on suunnitella ympäristöt, tuotteet ja palvelut siten, ne ovat helppokäyttöisiä, esteettömiä ja houkuttelevia mahdollisimman monimuotoiselle käyttäjäkunnalle. Esteettömyysstrategiaksi kuuluviin alueisiin määritellään yleiset alueet, kaupungin rakennukset ja julkinen liikenne.

Liikkumisen edistämisen lisäksi esteettömyyteen liittyy yhteiskunnalliset tavoitteet; tasa-arvon edistäminen, itsenäisen selviytymisen tukeminen, kestävän kehityksen ympäristö ja kaikille soveltuvan elinympäristön suunnitteluperiaatteet.

Fyysinen esteettömyys käsittää ympäristön, infrastruktuurin, laitteiden, ohjelmistojen ja palvelujen saavutettavuuden.

Psyykkinen esteettömyys antaa mahdollisuuden itsenäiseen suoriutumiseen henkisen kyvyn mukaan.
Taloudellinen esteettömyys käsittää taloudellisesta tilanteesta riippumattoman mahdollisuuden toimia. [6]

7.2 HKL:n vaatimukset järjestelmälle

Pysäkkien varustelu lähtee aina täysin tilaajan tarpeista ja toiveista. Tämä koskee myös matkustajainformaatioon liittyviä varusteita ja niiden teknistä tasoa. Kuvassa 13 on esitetty HKL:n vaatimusmäärittely.

Joukkoliikennepalvelujen tuottaja HKL:n näkemys pysäkkien varustelutason priorisoinnista: Hinta, toimivuus, käytettävyys ja muut ominaisuudet.

7.2.1 Hinta

Hinta on tärkein osatekijä, koska sillä järjestelmästä tulee kilpailukykyinen jo olemassa oleviin järjestelmiin. Edullinen hinta koostuu osa-alueista, joista pitemmällä aikavälillä on tärkeä kokonaisuuden helppo huoltaminen; paikoilleen asennus ja -poisto tulee olla nopea ja helppo.

7.2.2 Tekniikka

Tekniikan tulee olla edullista ja ilkeivallankestävää, tekniikka ei saa kuitenkaan olla niin huonoa, että se aiheuttaa jatkuvaa ylläpitotarvetta. Toimivuuden ei tarvitse olla 100 prosenttista, käyttökatkot sallitaan. Hyväksyttävä käyttöaste on noin 85 %. Tämä tarkoittaa, että pysäkkijärjestelmän toimivuus täydestä vuorokaudesta on 85%

7.2.3 Käytettävyys

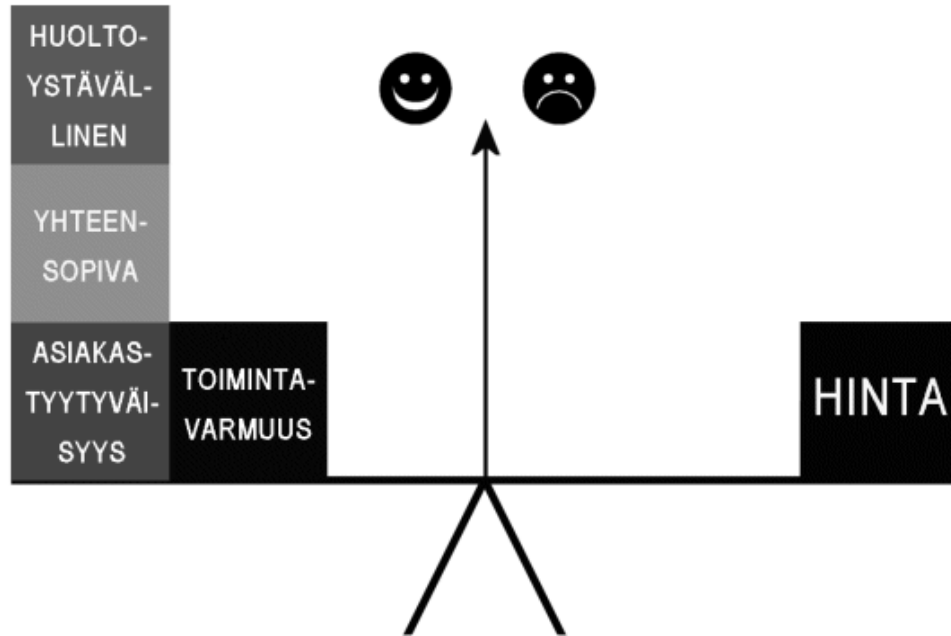
Tekstin tulee olla riittävän isoa, esteettömyys huomioitu. Käytettävyyden lähtökohdaksi on palvelua kaikille; käytettävyyden tulee olla yksinkertaista muillekin kuin paikallisille käyttäjille, laitteessa ei saa olla mitään muuta näkyvää toiminnallista osaa kuin näyttö. Uuden järjestelmän tekniikan tulisi olla yhteensopivaa jo olevien järjestelmien kanssa, jolloin käyttöönottokustannukset olisivat minimaaliset ja henkilöstöä ei tarvitsisi lisäkouluttaa.

7.2.4 Tiedotus

HKL vastaa tiedotuksen laadusta: Järjestelmän on tiedotettava myös "kaikki kunnossa" tilanne; tämä on esimerkiksi näytönsäästäjäksi sopiva viesti. Tekstin kielet tulee olla vähintään suomeksi ja ruotsiksi.

7.2.5 Muut vaatimukset

Kokonaisuuden tulee olla toiminnaltaan ja anniltaan yksinkertainen. Hienot ja liian "elistiset" järjestelmät saattavat vieraannuttaa järjestelmää tarvitsevat matkustajat. Järjestelmä tulee tavallisen kansalaisen käyttöön.



Kuva 13. HKL:n vaatimusmäärittely.

7.3 Alueelliset vaatimukset

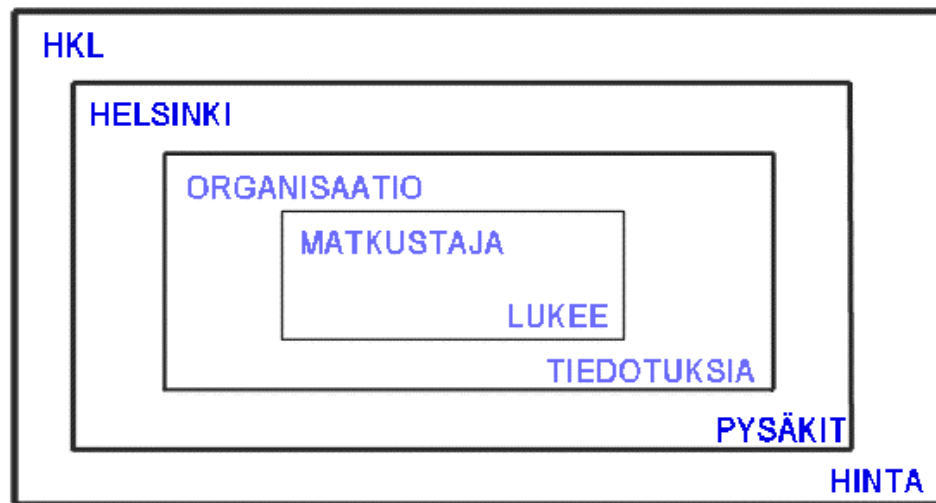
Helsingin pinta-ala on yhteensä 686 km², josta maa-alue 186 km² ja merialue 500 km². Alueella on paljon merenrantoja noudattavia linja-autoreittejä.

Helsingin sisäisessä joukkoliikenteessä tehdään vuosittain yli 200 miljoonaa matkaa, joista hieman alle puolet busseilla, runsas neljännes raitiovaunuilla ja vajaa neljännes metrolla. Lähi- ja kaukojunaliikenteen erottaminen omille raiteilleen on tehnyt mahdolliseksi metromaisen tiheän lähijunaliikenteen, jota täydentävät linja-autoyhteydet asemilta asuinalueille. [18]

Linja-autoverkon linkeiltä mitattu reittien yhteispituus on 3962 kilometriä. Tällä hetkellä voimassaolevien reitinsuuntien, mukana muutkin kuin linja-autoreitit, yhteispituus on 19342 kilometriä.

7.4 Matkustajan vaatimukset

Matkustajanäkökulma häiriötietopalveluun on kuvassa 14. Häiriötiedotuksen tulee toimia aina ja erityisesti silloin kun joukkoliikenne ei toimi. Minimi tiedonanto on, ettei ongelmia ole. Matkustaja olettaa tiedon olevan luotettavaa ja ajantasaista. Tiedotuksen tulee huomioida myöhästyneen linjan jatkoyhteyksistä tiedottamisen.



Kuva 14. Vastaavuuskaavio; HKL - matkustaja.

7.4.1 Näyttö

Pysäkkitiedotusjärjestelmässä näyttö on se komponentti, jonka kautta matkustaja saa yhteyden palveluun. Näytön tekstin tulee näkyä kaikissa valaistusolosuhteissa; kirkkaus ja kontrasti tulee olla hyvät ja teksti luettavissa vaivatta eri korkeuksilta. Tekstin tulee olla visuaalisesti ja loogisesti helposti hahmotettavissa. Näytön kautta matkustaja luo kuvan HKL:n häiriötiedotuksen toiminnasta.

LCD-teknologia on yleisin kannettavien laitteiden pienissä näytöissä. Se on jopa syrjäyttänyt vuosikymmeniä televisioissa käytetyn katodisädeputken. Myös LED näytöt ovat syrjäytyneet, LEDin ongelma on suuri pikselikoko ja virrankulutus. Plasmanäytön ongelmia ovat korkea hinta ja nopea kuluminen.

7.4.1.1 LCD näytöt

LCD:n etuja nykyisen tyyppisissä sovelluksissa ovat riittävä visuaalinen laatu, alhainen virrankulutus sekä edullinen hinta, etenkin perinteisissä mustavalkonäytöissä. Kaupallisessa mielessä LCD:lle ei ole yhtään varteenotettavaa haastajaa. Huono ominaisuus on taustavalon tarve erityisesti värinäytössä. Pysäkkijärjestelmään LCD on erinomainen valinta.

LCD näytöissä kuvapisteen ei itse luo valoa, vaan suodattavat niiden takaa tulevaa taustavaloa. Matkapuhelimen mustavalkoinen LCD näyttö on kooltaan tavallisesti 1,5–2 tuumaa; näytön koko pikseleinä on välillä 96 x 65 – 120 x 160. Mustavalkoisen LCD:n etu on, ettei normaali- tai kirkkaassa valaistuksessa tarvita taustavaloa.

LCD-näyttöjä on yleisesti saatavilla kolmea päätyyppiä: Alfanumeeriset-, graafiset- ja segmenttinäytöt.

LCD (Liquid Crystal Display) näyttöjä ovat passiivimatriisi-LCD, aktiivimatriisi-LCD, 3D-LCD ja UFB-LCD (Ultra Fine & Bright).

Passiivimatriisi-LCD on tarkoitettu pieniin ja halpuihin tuotteisiin, aktiivimatriisi parempaa kuvanlaatua vaativiin ja 3D-LCD kolmeulotteista näyttöä vaativiin kohteisiin. UFB-LCD kykenee todella kirkkaisiin ja teräviin värikuviin. Yleisimmin käytetty nestekiteiden toimintatapa on supertwisted nematic (STN). Näytön toimiessa ilman taustavaloa tehonkulutus yhden milliwatin luokkaa. Näytön lämpötilan sieto on erinomainen: -30...+70 °C.

Uusin LCD tyyppi on UFB-LCD näyttö. Se (resoluutio 128*160) yhdistää monia uusia tekniikoita, muun muassa STN (Super Twisted Nematic) -LCD- ja TFT (Thin Film Transistor) -LCD tekniikkaa. UFB-LCD-näyttö tukee 65 000 väriä ja kuluttaa perus LCD:tä vähemmän virtaa.

Taulukko 2. LCD näyttötyypit.

Alfanumeerinen (aakkosnumeerinen)	Alfanumeeriset näytöt voidaan suoraan liittää mikrokontrollerin väylään tai I/O-porttiin. Moduulit sisältävät kaiken näytön virkistykseen tarvittavan logiikan ja esittävät yleensä ASCII-merkkejä, joten ne ovat helppoja käyttää. Yleensä merkkien korkeus on n. 5-7 mm, joten moduulit soveltuvat parhaiten luettaviksi 0.5-1 metrin etäisyydeltä. Yleisimmät moduulit näyttävät kerralla 1*16...4*40 merkkiä tyyppistä riippuen. Näyttöjen heikkous on rajoitettu katselukulma.
Graafinen	Graafiset näytöt käyttävät pistematriisia tiedon esittämistä varten. Näytöt sisältävät yleensä matriisin ohjauksessa tarvittavat siirtorekisterit, mutta eivät kontrolleria, joka tarvitaan näytön virkistämiseksi. Graafinen LCD pystyy kuvien ja monipuolisempien merkkien näyttöön kuin aakkosnumeerinen.
Segmentti	Segmenttinäytöt toimitetaan yleensä lasina, ilman mitään ohjaimiseen vaadittavaa kontrolleria tai elektroniikkaa. Niitä on saatavana eri kokoisina, esim. 1/2" tai 1" korkuisilla merkeillä. Näyttöjen katselukulma on laajempi kuin edellä mainituilla näyttötyypeillä. Ongelman muodostaa vain näytön ohjaaminen, koska moduuli ei sisällä ohjainta.

Useimmat värinäytöt ovat reflektiivisiä (heijastavia), jotkut myös transflektiivisiä (heijastavia ja läpipäästäviä). Kokonaan transmissiiviset (vain läpipäästävät) näytöt ovat melko harvinaisia; yhtämittaisesti päällä olevan taustavalon virrankulutus saattaa olla jopa kymmenkertainen muuhun näytön toimintaan nähden, ja esimerkiksi kirkkaassa ulkoilmassa transmissiivisten näyttöjen katseltavuus on melko keuhno. [23]

Paras valinta on alfanumeerinen LCD STN näyttö: Se on liitettävissä suoraan prosessorin väylään. STN näyttö täyttää pysäkkijärjestelmän lämpötilavaatimuksen. Valinnassa tulee kiinnittää huomiota laajaan katselukulmaan, joka on noin 45°.

7.5 Ympäristöolosuhteet

Pääasiallisimmat ilmastolliset rasitustekijät ovat ilman lämpötila ja kosteus. Muita vaikuttavia tekijöitä ovat ilmanpaine, sademäärä, auringon säteily, liikenteen aiheuttama tärinä ja ilman saasteet.

7.5.1 Ilmastolliset vaatimukset

Suomen ilmastoon vaikuttavista tekijöistä tärkein on maan sijainti 60. ja 70. leveysasteen välillä Euraasian mantereen luoteisreunalla. Ilmasto on ns. väli-ilmasto eli alueella on sekä meri- että mannerilmaston piirteitä sen mukaan, mistä päin ilmavirtaukset ja matala- tai korkeapaineet kulloinkin tulevat.

Vuodenaikoja kutsutaan termisiksi. Suomessa on

- terminen kesä, kun vuorokauden keskilämpötila pysyy +10 asteen yläpuolella
- terminen syksy, kun vuorokauden keskilämpötila pysyy +10 ja 0 asteen välillä
- terminen talvi, kun vuorokauden keskilämpötila pysyy 0 asteen alapuolella
- terminen kevät, kun vuorokauden keskilämpötila pysyy 0 ja +10 asteen välillä.

7.5.1.1 Kesälämpötilat

Kesän korkeimmat lämpötilat ovat Suomen manneralueilla 32-35 °C. Korkein Helsingissä havaittu lämpötila on 31,6 °C. Hellepäiviä, jolloin vuorokauden maksimilämpötila ylittää 25°C, on Etelä ja Keski-Suomen maa-alueilla keskimäärin 10-15 kpl kesässä.

7.5.1.2 Talvilämpötilat

Talvi kestää maan lounaisimmissa osissa noin 100 päivää. Etelä-Suomessa lyhimmän talvipäivän pituus on noin 6 tuntia.

Helsingissä havaittu alin lämpötila on ollut -34.3°C vuonna 1987. Talven alimmat lämpötilat ovat Lapissa ja Itä-Suomessa -45:stä -50°C:seen, muualla Suomessa yleensä -35:n ja -45°C:n välillä, paitsi rannikoilla ja saaristossa yleensä -25:stä -35°C:seen. Alin Suomen säähavaintoasemilla 1900-luvulla mitattu lämpötila on ollut -51.5°C tammikuussa 1999 Kittilässä. [8]

7.5.1.3 Pilvisyys

Pilvisyys on tärkeä tekijä päivittäisessä lämpötilavaihtelussa. Runsas pilvipeite estää tehokkaasti suoran auringonsäteilyn pääsyn maanpinnalle, mutta toisaalta pilvet estävät yöllistä kylmenemistä. Erityisen suuri on pilvien vaikutus lämpötilaa taasaavana tekijänä talvella. Pilvettömässä tilanteessa taas lämpötila vaihtelee huomattavasti enemmän.

7.5.1.4 Valoisuus

Auringonpaisteen määrä mitataan tunteina kuukauden aikana. Auringonpaistetun-
timäärä on hankala muuntaa kokonaisiksi auringonpaistepäiviksi, sillä eri päivinä
pilvisyyden vaihtelut määräävät auringonpaisteen "ulottumisen" maan pinnalle.
Vuodenajan mukaan aurinko on horisontin yläpuolella hyvin erilailla eri kuukausina.
Kuvassa 15 on auringonpaistetunnit kuvattu pystypalkeilla vuonna 2004, käyrässä
vertailuarvo vuosina 1971-2000.

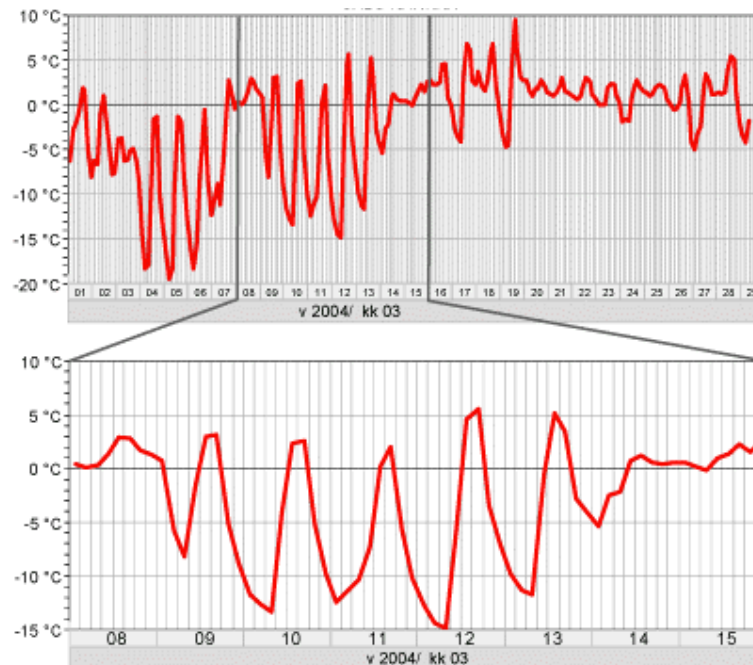
Esimerkiksi joulukuussa, kun päivä on lyhimmillään, aurinko voi Helsingissä eni-
millään paistaa vain reilut viisi tuntia vuorokaudessa, mutta kesäkuussa melkein 20
tuntia.



Kuva 15. Auringonpaistetunnit kuukausittain.

7.5.1.5 Lämpötilan vaihtelu

Kuvassa 16 esitetään, miten lämpötila vaihteli tunneittain maaliskuussa 2004.
Maksimi lämpötilaerot ovat yhden tunnin aikana 21 °C ja kuukauden aikana 30 °C.
Keväällä ja kesällä aurinko lämmittää voimakkaasti selkeän ja kylmän yön jälkeen.



Kuva 16. Lämpötilan jaksollinen vuorokausivaihtelu Kaisaniemessä.

7.5.1.6 Sade

Suomen ilmastolle ovat tyypillisiä säätilan vaihteluista johtuvat epäsäännölliset sateet. Jonkinlaista säännöllisyyttä esiintyy vain kesällä kuuro- ja ukkossäätiloissa; tällöin sataa useimmiten iltapäivällä. Sadepäiviä, jolloin vettä tulee vähintään 0,1 mm, on rannikoita lukuun ottamatta ainakin puolet vuoden päivistä. Sateet lisäävät ilman kosteutta.

7.5.1.7 Ilmanpaine ja tuuli

Kaikkialla Suomessa tuulee tavallisimmin lounaasta ja harvimmin koillisesta, muuten tasaisesti kaikista ilmansuunnista. Tuulen keskimääräinen nopeus on 3-4 m/s sisämaassa, rannikoilla hieman suurempi ja merialueilla 5-7 m/s. Suurimmillaan tuulen nopeus on yleensä talvella ja pienimmillään kesällä. Kesällä voi esiintyä harvinaisia paikallisia pyörremyrskyjä, trombeja, jotka voivat aiheuttaa suurtakin tuhoa.

7.5.1.8 Ilman kosteus

Ilman kyky sisältää vesihöyryä kasvaa lämpötilan kohotessa, joten kosteusolot ovat riippuvaisia lähinnä lämpötilasta. Ilman absoluuttinen kosteus, eli veden määrä ilman tilavuusyksikköä kohti (g/m^3) on suurimmillaan heinä-elokuussa ja pienimmillään helmikuussa. Lämpötilan tapaan ilman kosteus pienenee pohjoiseen päin siirryttäessä. Suhteellinen kosteus on keskimäärin suurimmillaan marras-joulukuussa (noin 90 %) ja pienimmillään touko-kesäkuussa (65-70 %). [8] Ilmankosteudella on merkitystä sähköisten kontaktien luotettavuuteen ja näytön luotettavuuteen.

7.5.1.9 Korroosio ja ilmalaatu

Korroosio on materiaalin muuttumista käyttökeltvottomaan muotoon joko liukene-malla ympäristöönsä tai reagoimalla ympäristönsä kanssa ja muodostamalla kiin-teitä korroosiotuotteita kuten ruoste. Korroosiolla on suora yhteys ilmalaatuun. Te-ollisuusympäristössä materiaalien syöpyminen ja ruostuminen on huomattavasti nopeampaa kuin maalaisilmastossa.

Ilman epäpuhtauksilla on haitallisia vaikutuksia ihmisiin, luontoon ja materiaaleihin. Ilmanlaatuun vaikuttavat paikalliset päästölähteet kuten liikenne, teollisuus, energi-antuotanto ja pientalojen lämmitys sekä kaukokulkeuma. Keskeiset kaupunki-ilman epäpuhtaudet ovat typen oksidit, hiukkaset, hiilimonoksidi, rikkidioksidi ja hiilivedyt. Kasvihuonekaasuja ovat hiilidioksidi (CO_2), metaani (CH_4), typpioksiduuli (N_2O), fluorihiiilivedyt (HFC) ja troposfäärin (s.o. alailmakehän) otsoni (O_3). Liikennesehto-rilla merkittävin kasvihuonekaasu on hiilidioksidi. Sitä syntyy jokaisesta kulutetusta bensiniilitrasta 2350 g ja dieselöljylitrasta 2660 g. Liikenteessä syntyy myös muita kasvihuonekaasuja, mm. typpioksiduulia ja metaania.

Liikenteen aiheuttamat hiukkaset ilmassa ovat pääosin peräisin renkaiden nostat-tamasta katu- ja asfalttipölystä. Hiukkasia pääsee suorasti polttoprosessin tulok-sena pakoputkesta. Liikenteen pakokaasuhiukkaset ovat suurelta osin peräisin

dieselautoista. Liikenteen suhteellinen vaikutus ilmanlaatuun on kasvanut, kun teollisuuden pistemäisiä päästöjä on saatu alennettua. Kaupungeissa mitataan aika ajoin korkeita, ohjearvot ylittäviä hiukkas- ja typpioksidipitoisuuksia.

Pakokaasupäästöjen lisäksi liikenne lisää ilman epäpuhtauksia mekaanisesti erityisesti keväisin. Talvella teille ajettu hiekoitushiekka kuluttaa auton renkaiden alla asfaltin pintaa ja epäpuhtaudet nousevat liikenteen aiheuttamien ilmavirtojen vaikutuksesta pölynä ilmaan. Katupölyongelma on pahimmillaan heti lumien sulettua maalिस-huhtikuussa. [10]

7.5.2 Mekaaniset rasitukset

Rasitukset voidaan jakaa karkeasti yleisiin mekaanisiin rasituksiin, väsymisrasitukseen ja resonanssien aiheuttamiin vaikutuksiin. Näistä aiheutuvia tyypillisiä vikoja ovat mekaaniset viat, lujuuden heikkeneminen ja rakenteen pettäminen, toiminnalliset häiriöt sekä lisääntynyt kuluminen.

Mekaaniset rasitukset eivät esiinny koskaan yksinään, vaan samanaikaisesti esiintyvät lämpötilojen vaihtelut, kosteus ja korroosio kiihdyttävät rasitusten vaikutuksia.

Liikenne, erityisesti raskas tavaraliikenne, aiheuttaa tietyillä rataosuuksilla ja teillä haitallista tärinää. Liikenneperäinen tärinä on lähinnä rakenteisiin vaikuttava ongelma, jonka laajuudesta ja vaikutuksista ei tällä hetkellä ole olemassa riittävästi tietoa. [11]

7.6 Pysäkki

HKL:llä on pysäkkejä kaikkiaan 6796 kpl, joista Helsingin alueella noin puolet. Pysäkkitolppa on sinkittyä terästä. Maalatusa alumiinista tehdystä merkistä on luetuissa pysäkillä operoivat linjat. Pysäkkitolppa on 2,22 metriä korkea. Jos linjamerkejä on enemmän, tolppa on korkeampi. Pysäkkimerkki ei ole aina kiinnitetty tolppaan. Pysäkkitolppana voi toimia myös rakennuksen seinä, valaisinpylväs tai met-roaseman rakenteet.

Linja autopysäkkejä on 5960 kpl ja raitiovaunupysäkkejä 248 kpl. Kaikista pysäkeistä 588 kpl on sellaisia, joille ei ole syötetty pysäkin tyyppiä.

Taulukko 3. Linja-autopysäkkien tyypit.

5814 kpl	linja-autojen paikallisliikenne
2 kpl	linja-autojen kaukoliikenne
55 kpl	linja-autojen paikallis- ja kaukoliikenne
89 kpl	linja-autojen paikallis- ja kaukoliikenne ja pikavuorot

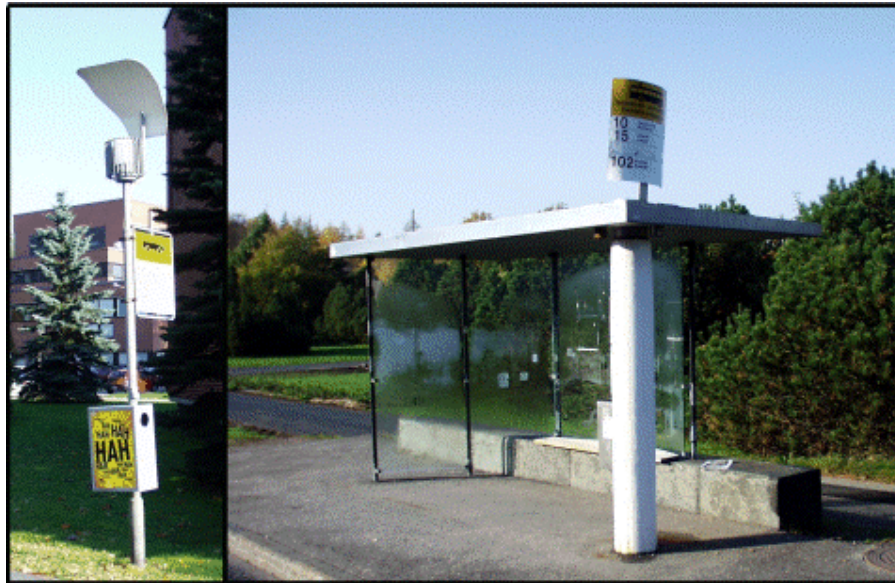
Taulukko 4. Pysäkkien sijoittuminen kaupungeittain.

1645 kpl	Espoo
3335 kpl	Helsinki
42 kpl	Kauniainen
1680 kpl	Vantaa

7.6.1 Pysäkkityypit

Pysäkit jaetaan kulkuvälineestä nousu- ja poistumispysäkkeihin. Nousupysäkit on yleensä varustettu katoksella, poistumispysäkit ei. Kuvassa 17 pysäkkitolppana toimii katuvalaisin ja oikealla on katollinen pysäkki. Kummallakin pysäkillä on sähköverkko. Kuvat ovat kirjoittajan ottamia.

Pysäkkirakenteista on 1/3 katollisia, millä on suuri merkitys tiedotusjärjestelmän toimivuudelle, koska näillä pysäkeillä on sähköliitäntä. Pysäkkien sähköliitännöissä on huomioitavaa, että koska se on ajastettu katuvalojen kanssa, saatava sähkö ei ole ympärivuorokautista.



Kuva 17. Otaniemen pysäkkejä.

7.6.2 Ylläpito ja huolto

Nykyinen ylläpito käsittää pysäkin puhdistusta ja tiedotteiden päivitystä. Huollossa on ominaista, että tiedotusjärjestelmälle ei tehdä pysäkillä mitään muuta toimenpidettä kuin vaihto.

7.7 Tehonkulutus

Tehonkulutus vaikuttaa jäähdytykseen, laitteen kokoon ja painoon. Lisäksi suuri tehonkulutus lisää vikatodennäköisyyttä sähkölaitteissa. Suuri tehonkulutus synnyttää usein ongelmia ja kustannuksia myös komponenttien pakkaamisessa. Monissa laitteissa suurimman osan elektroniikasta ei tarvitse toimia jatkuvasti, vaan eri yksiköitä voidaan ohjelmallisesti poistaa käytöstä sammuttamalla ne. Tällöin ne eivät myöskään kuluta tehoa. [16] Virransyöttöä tarvitaan järjestelmän toimintaan. Sähkökatkoksien varalta järjestelmässä tulee olla varavirtalähteenä akku.

7.7.1 Verkkovirta

Katollisissa pysäkeissä virransaanti ei ole ongelma, johdotukset ovat rakenteissa valmiina mainos- ja yleisvalaistusta varten. Järjestelmä vaatii toimiakseen verkkomuuntajan. Varavirtalähteenä tulee olla akku, koska sähköliitانتä toimii ainoastaan ajastettuna katuvalaistuksen kanssa.

7.7.2 Tuulivoima

Helsinki on meren rannalla, jolloin ainakin tuulisemmilla paikoilla pieni tuulivoimala saattaisi olla toimiva. Pientuulivoimalat tuottavat yleisesti 12V jännitettä. Minituulivoimala sopii akkujen sähkötuotantoon. Tyypillinen teho tällaisella on noin 26 W, kun tuulen nopeus on 9,7 m/s. Tällainen tuulivoimala painaa 6 kg. Helsingin rannikolla mitatut tuulennopeudet ylittävät 7 m/s.

Tuulivoimala pysäkkijärjestelmän virtalähteenä hylätään. Laite on liikaa huomiota herättävä ja näin altis ilkivallalle. Lumisade ja mekaanisten siipien jäätyminen vaatisi kenttäkokeita, mitä tämän diplomityön yhteydessä ei suoriteta. [17]

7.7.3 Aurinkokenno

Aurinkopaneelien käyttö on jatkuvasti laajenemassa vähän tehoa tarvitsevilla elektroniikan laitteissa. Suomeen saatava vuosittainen auringon säteily-energian määrä on noin 1000 kWh/m² ja määrä on lähes sama kuin esimerkiksi Belgiassa, Hollannissa, Saksassa ja Puolassa. Suomessa aurinkoenergian saanti vuositason ei ole muihin Euroopan maihin nähden epäedullisemmassa asemassa, vaan käytettävyyttä rajoittavat säteilyn kausiluonteisuus sekä energian varastointiin liittyvät ongelmat.

Piihin perustuvilla aurinkokennoilla on saavutettu parhaat hyötysuhteet. Parhaat aurinkokennot muuttavat auringon säteilyenergiaa sähköksi noin 15-16 % hyötysuhteella lopun muuttuessa lämmöksi. Kennojen teoreettinen hyötysuhde on 30 %. Puolen neliön paneelista saadaan 12 voltin jännitteellä 3,17 ampeerin virta. Aurinkopaneelien valmistajat antavat paneeleilleen noin 10 %:n tuottotakuun, jolloin esimerkiksi 50 W:n aurinkopaneeli saattaa tuottaa käytännössä vain 45 W. Paneelien valmistajat testaavat erikseen jokaisen kennon ja lajittelevat ne eri laatusojen mukaisesti paneeleihin. Laadukkaista ja tasalaatuisista kennoista val-

mistettu paneeli tuottaa huonoissakin olosuhteissa paremmin kuin vastaava epäta-salaatuinen.[17]

7.7.3.1 Kide

Kiteinen kenno tuottaa uutena saman verran sähköä kuin kymmenien vuosien käytön jälkeen. Niiden muut laatuominaisuudet, kuten valoherkkyys auringon valon säteilyn suhteen, näyttävät riippuvan jonkin verran kiderakenteen ominaisuuksista; yksi- tai monikide, mutta ensisijaisesti valmistettujen kennojen tasalaatuisuudesta.

7.7.3.2 Pii

Piikennot ovat yksi- tai monikiteisiä. Pii aurinkopaneelit muuttavat auringosta tule-van säteilyenergian sähköiseen muotoon ja tuloksena syntyy tasajännite, jota voi-daan käyttää yksinkertaisimmillaan vaikkapa 12 voltin akkujen lataamiseen. Yhden piikennon ala- ja yläreunan väliin syntyy valon vaikutuksesta elektroninen varaus, jonka suuruus on noin 0.4 - 0.5 voltia tasajännitettä. Sähköä tuottavat aurinko-paneeelit ovat siis puolijohteita, joissa käytetty piin raaka-ainemateriaali on samaa, jota elektroniikkateollisuus käyttää mikropiirien valmistuksessa. Piikennoilta annea-taan virrantuottotakuuksi 25 vuotta.

7.7.3.3 Kemiallinen

Kemiallisessa aurinkokennossa on joitakin hyviä puolia verrattuna puolijohdeken-noihin. Kemiallinen aurinkokenno ole niin herkkä valon intensiteetin muutoksille kuin piikennot. Valon intensiteetti muuttaminen auringonvalosta 1000 kertaa pie-nempään intensiteettiin muuttaa kemiallisen kennon potentiaalia vain 20% – 30%, kun taas piikennolla muutos on noin 60%. Kolmas hyvä puoli on, ettei lämpötila nostaminen jopa 75° C:een vaikuta suurestikaan kemiallisen aurinkokennon poten-tiaaliin eikä stabiiliuteen.

Kemiallisen kennon toiminta: Tapahtumaketjun aloittaa nanokiteisen puolijohteen pinnalla kiinni oleva väriaine absorboimalla valoa. Valokvantti virittää molekyylin sellaiseen energiatilaan, josta elektronin siirtyminen puolijohteen johtavuusvyölle on mahdollista. Johtavuusvyölle siirtynyt elektroni kulkeutuu pitkin nanokiteistä puolijohdeverkostoa johtavalle lasilevyllä. Kun väriainemolekyyli luovuttaa elektro-nin puolijohteelle, väriainemolekyylistä tulee hapettunut eli elektronin luovuttanut. Elektrolyyttiliuoksesta väriaine saa takaisin elektronin ja palautuu näin takaisin al-kuperäiseen tilaansa. Hapettunut elektrolyyttiliuoksen molekyyli kulkeutuu vasta-elektrodille ja pelkistyy siellä.

Kun kaikki edellä olevat vaiheet ovat ohi päädytään lopputilanteeseen, joka vastaa täysin alkutilannetta, eli systeemissä ei tapahdu mitään nettomuutosta. Kuitenkin kennossa on auringonvalossa potentiaaliero elektrodien välillä ja näin ollen sys-teemi voi tehdä työtä. Kennon jännite määräytyy puolijohteen fermitason (kvasi-fermitason) ja elektrolyytin hapetus-pelkistys-parin potentiaalien välisestä erosta. Kemiallista aurinkokennoa ei ole toistaiseksi saatavissa.

7.7.3.4 Muut tyypit

Peileihin ja linsseihin perustuvat järjestelmät antavat kaikkein parhaimmat hyötysuhteet, mutta monimutkaisen rakenteensa ansiosta ne ovat hyvin kalliita. Erilaisia kennomalleja on useita, erikoisimpia ovat taivutuksen- ja päältä kävelyn kestävät. Pakkaskestävyys täyttää vaatimusmäärittelyn.[17]

Kide ja piikennot ovat ominaisuuksiltaan hyvin lähellä toisiaan. Kaupallisissa ilmoituksissa ei edes lue, kummasta kennomateriaalista on kyse. Kemiallinen kenno on monessa suhteessa parempi kuin edellämainitut. Kemiallista kennoa ei ole vielä saatavana.

7.7.4 Lataussäätimet

Lataussäätimen tehtävä on valvoa akun kuntoa: Se estää yllatatauksen ja -purkamisen. Älykkäimmät lataussäätimet osaavat myös elvyttää vanhoja akkuja siten, että niiden latauskapasiteettia palautuu. Taulukossa 5 on esitetty eri lataussäätimet. Pysäkkijärjestelmään saadaan sopivin lataussäädin noudattamalla akkuvalmistajan suositusta tietyille akkutyypille.

Taulukko 5. Lataussäädintyypit.

Latausrelesäädin	Latausrelesäätimet toimivat termostaatti-periaatteella, jolloin akun tullessa täyteen, säätimen latausrele vetää ja siinä oleva kosketin irrottaa latauspiirin (aurinkopaneelin) galvaanisesti akusta. Perussäätimiä ei suositella ikääntyneiden tai ympäri-vuotisessa käytössä olevien akkujen lataamiseen.
Älykkäät hakkurisäätimet	Säätimien toimintaa ohjaa prosessori, joka valvoo akun napajännitteen muuttumista ja estää akun yllatantumisen. Säätimestä on usein luettavissa myös lukuarvona esimerkiksi jäljellä olevan Ah-määrä, jonka akku vielä pystyy antamaan kulutuspisteelle. Laite toimii lisäksi syväpurkaussuojana, estäen akun täydellisen tyhjenemisen virhetilanteessa.
Älykkäät PWM-säätimet	Säätimien lataustoimintaa hoidetaan mikroprosessorin avulla, jossa pulssileveysmodulaatiolla (PWM) saavutetaan lataustuloksen kannalta merkittäviä etuja: Akun tullessa täyteen, latausta ei kokonaan lopeteta, kuten tapahtuu latausrele-periaatteella toimivissa säätimissä, vaan latausta jatketaan yläpitolatauksella; akkuun pulssitetaan jatkuvasti latausvirtaa, jolloin vanhakin akku varautuu (elpyy).

[15], [17]

7.7.5 Akut

Taulukossa 6 olevat akkutyyppien keskimääräiset arvot vaihtelevat valmistaja- ja mallikohtaisesti. Akkutyypeistä vanhimmat ovat nikkeli-kadmium ja lyijyhappo. Nikkeli-kadmium on poistumassa markkinoilta ympäristösyiden vuoksi.

Huomioitavaa on, että vanhin akkutyyppi NiCd on pakkaskestoltaan ylivoimaisin verrattuna uusimpiin akkutyyppisiin, kuten Li-Polymer. NiCd on myös paras latauksessa. Jos NiCd kestää 1500 latausta, akkupaketti vaatii pysäkkijärjestelmässä vaihdon noin 4 vuoden välein.

Taulukko 6. Akkutypit.

	NiCd Nikkeli-kadmium	NiMH Nikkeli-metallihydridi	SLA suljettu lyijyhappo	Li-Ion Litium-ioni	Li-Polymer Litium-polymeeri
Käyttöikä latausta¹	1000-1500	500-800	200-500	500-1000	100-500
Pikalatausaika	0.5-1 h	2-4h	8-16h	3-4h	8-15h
Ylilatauksen sieto	Kohtuullinen	Heikko	Hyvä	Olematon	Heikko
Itsepurkaus kuukaudessa (20° C)	20%	30%	5%	10%	0,3%
Nimellinen napajännite	1.25V	1.25V	2V	3,6V	3,6V
Kennon sisäinen resistanssi	100-200mΩ	600-800mΩ	Suuri	300-400mΩ	Suuri
Käyttölämpötila-alue	-40...+60° C	-20...+60° C	-20...+60° C	-20...+60° C	0... 60° C
Huoltoväli	1-2 kk	2-3 kk	3-6 kk	Ei tarvetta	Ei tarvetta

¹ Käyttöikä arvo perustuu akun säännölliseen hoitamiseen ja täyden kapasiteetin hyödyntämiseen. Akun säännöllinen hoitaminen tarkoittaa esimerkiksi NiCD tapauksessa tietyin väliajoin syväpurkausta ja täyteen latausta. Syväpurkaus tarkoittaa akun käyttämistä, kunnes se on tyhjä.

[22]

7.7.6 Virtabudjetti

7.7.6.1 Aurinkokenno

Tarkastellaan virrattoman pysäkin virrantarvetta pimeimpänä talvipäivänä, jolloin akut pitää saada ladattua täyteen viidessä tunnissa. Häiriötiedotuksien määrä alkavassa 19 tunnin jaksossa on 960 häiriötä / 30 vuorokaudessa = 32 häiriötiedotetta vuorokaudessa. Oletetaan, että yhden linjan osuus on 4 tiedotetta. Oletuspysäkki on usean linjan käytössä ja sen vaikutuspiirissä on useita liitäntälinjoja, häiriöitä on kolmella linjalla. Häiriötiedotteita tulee yhteensä 4 tiedotetta x 3 linjaa = 12 viestiä. Kaikki häiriöt tulevat pimeään aikaan, jolloin akkujen latausta ei enää tapahdu. Laskenta perustuu raitiotieliikenteelle taulukon 1 sekä kuvien 8 ja 15 tietojen perusteella.

Pysäkkitiedotusjärjestelmän arvioitu virrankulutus koostuu laitevalmistajan antamista keskimääräisistä tiedoista:

GSM modeemi	Näyttö
- SMS vastaanotto 400 mA - lepovirta 30 mA	- logiikka 5 mA - taustavalo 500mA

Yhden häiriöviestin tapahtuma	
SMS viestin vastaanotto noin 20 sekuntia.	Näytön taustavalo on päällä 20min./viesti.

Kokonaisvirrankulutus 12:lle viestille:

SMS vastaanotto 12 viestille $0,4 \times 1/3600 \times 20 + 19 \text{ h} \times 30 \text{ mA} = 0,63 \text{ Ah}$

Näyttö 12 viestille $\times 500\text{mA} \times 1/3 \text{ tuntia} + 19 \text{ h} \times 5 \text{ mA} = 2,1 \text{ Ah}$

Yhteensä = 2,7 Ah

Virrankulutus on noin 0,23 Ah / viesti

Akkupaketin kapasiteetti mitoitetaan 30 % yli tarpeen = 3,5 Ah. Pyritään siihen, ettei akkuja saa kulutettua aivan tyhjiksi ja samalla saadaan vähän ylikapasiteettia lisäviesteille. Latausvirtaa tarvitaan 5 tunnin jaksolle $3,5 \text{ Ah} / 5 \text{ h} = 0,7 \text{ A}$. Latausvarmistukseen tarvitaan 30 % ylivirtaa = 1 A. Akkua pitää ladata enemmän kuin sen kapasiteetti on, jotta se tulisi täyteen. 1 A:n virtalähde riittää ainoastaan lataukseen, jos järjestelmään tulee viestejä, vaaditaan lisää virtaa modeemille 0,4 A ja näytölle 0,5 A.

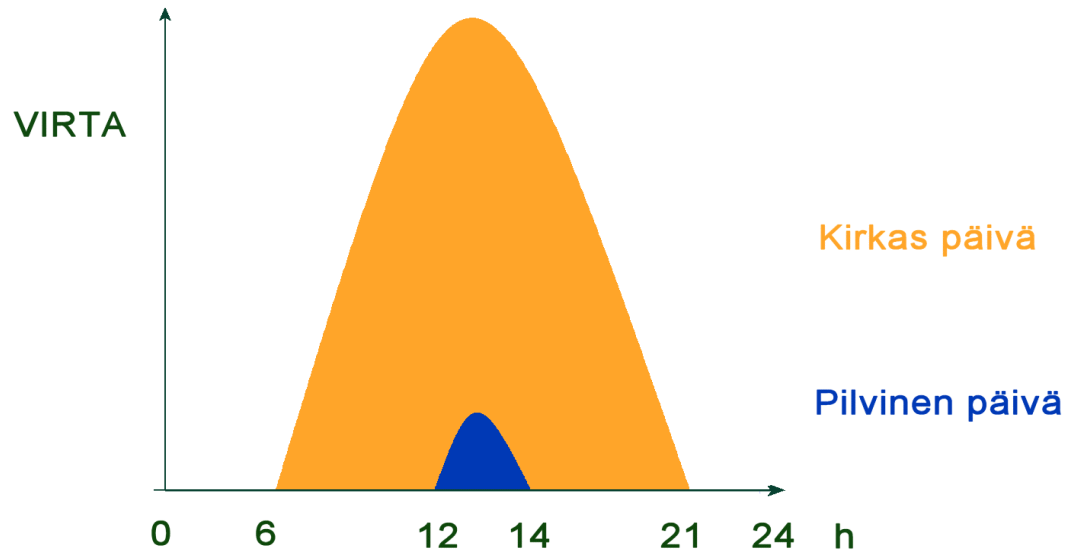
Virrattoman pysäkin tarve on siis $(1 + 0,4 + 0,5) \text{ A} = 2 \text{ A}$ antava aurinkokenno. Järjestelmässä on kapasiteettia myös lataussäätimen käytölle. Aurinkokennojen virrananto vaihtelee huomattavasti riippuen saatavan valon määrästä ja pilvisyydestä, joten kennon antovirta saa olla varmuudeksi noin 1,5- kertainen laskennalliseen arvoon nähden, eli 3 A.

Tulokset: Akkupaketin kapasiteetti 3,5 Ah ja aurinkokennon 3 A. Annetuilla arvoilla näytön taustavalo toimii noin 15 viestin verran eli 5 tuntia. Aurinkokennolla varustettu pysäkki toimisi alkavalla 19 tunnin lataamattomalla jaksolla 5 tuntia, mikä antaa toimivuudeksi vain 26 %. Jotta 85% tavoitteeseen päästään, tulisi näytön toimia noin $(16,2 \text{ h} \times 100) / 19 \text{ h} = 85 \%$ eli 16,2 h. Näytön kulutus 16,2 h aikana on $16,2 \text{ h} \times 0,5 \text{ A} = 8,1 \text{ Ah}$ ja modeemin edelleen 12 viestillä 2,1 Ah, oletetaan samoja viestejä näytettävän useasti, yhteensä 10,6 Ah. Latausvirtaa tarvittaisiin noin $(10,6 \times 1,3) \text{ Ah} / 5 \text{ h} = 2,8 \text{ A} \times 1,5 = 4,2 \text{ A}$. Jos järjestelmään tulee viestejä latauksen aikana, vaaditaan virtaa yhteensä $(4,2 + 0,4 + 0,5) \text{ A} = 5,1 \text{ A}$.

Aurinkopaneeli, joka antaa 5,4 ampeerin virran 12 voltilla, on pinta-alaltaan 0,7 m².

Kun lisäksi tiedetään, että aurinkokennon antama virta riippuu suuresti saatavan valon määrästä, tulisi virtavarmuutta kasvattaa. Esimerkiksi TKK:n valaistuslaboratorion katolla oleva 4 kW:in aurinkokenno antaa pilvisenä päivänä vain 100 W hetkellistä tehoa; tämä on 1/40. osa kapasiteetista. Jos samaa soveltaa pysäkkijärjestelmään saadaan tarvittavaksi aurinkokennon tehoksi $5,1 \text{ A} / (1/40) = 204 \text{ A}$.

Kuvassa 18 on graafinen esitys akkujen saamasta virtamäärästä kirkkaan kesäpäivän ja pimeän talvipäivän funktiona. Kuva esittää esimerkinomaisesti ääripäitä valaistuksen suhteen.



Kuva 18. Aurinkokennon antama virtamäärä päivänvalosta riippuen.

7.7.6.2 Verkkomuuntaja

Virrallisella pysäkillä on verkkosähkö käytössä minimiajan kesällä, jolloin päivänvaloa saattaa olla 20 tuntia kuvan 15 perusteella. Tällöin akkujen lataukseen jää aikaa noin neljä tuntia. Kesällä hyväksyttyjä häiriötiedotteita on kuvan 8 mukaan melkein 50 kappaletta kuukaudessa. 50 tiedotetta / 30 vuorokaudessa on noin 2 viestiä vuorokaudessa. Kuvasta 8 voidaan kuitenkin päätellä, että kesällä häiriötiedotteiden tarve on pahimmillaan yli kaksinkertainen talviaikaan nähden. Siten voidaan taulukon 1 perusteella päätellä tiedotteita olevan 12 viestiä x 2,5 on noin 30 viestiä. Virtabudjetti 30 viestille:

SMS vastaanotto 30 viestille $0.4 \times 1/3600 \times 20 + 20 \text{ h} \times 30 \text{ mA} = 0,67 \text{ Ah}$.

Näyttö 30 viestille $\times 500\text{mA} \times 1/3 \text{ tuntia} + 20 \text{ h} \times 5 \text{ mA} = 5,1 \text{ Ah}$.

Yhteensä = 5,8 Ah

Virrankulutus on noin 0,2 Ah / viesti.

Latausvirtaa tarvitaan 4 tunnin jaksolle $(5,8 \times 1,3) \text{ Ah} / 4 \text{ h} = 1,9 \text{ A}$.

1,9 A:n virtalähde riittää ainoastaan lataukseen, jos järjestelmään tulee viestejä, vaaditaan virtaa yhteensä $(1,9 + 0,4 + 0,5) \text{ A} = 2,8 \text{ A}$.

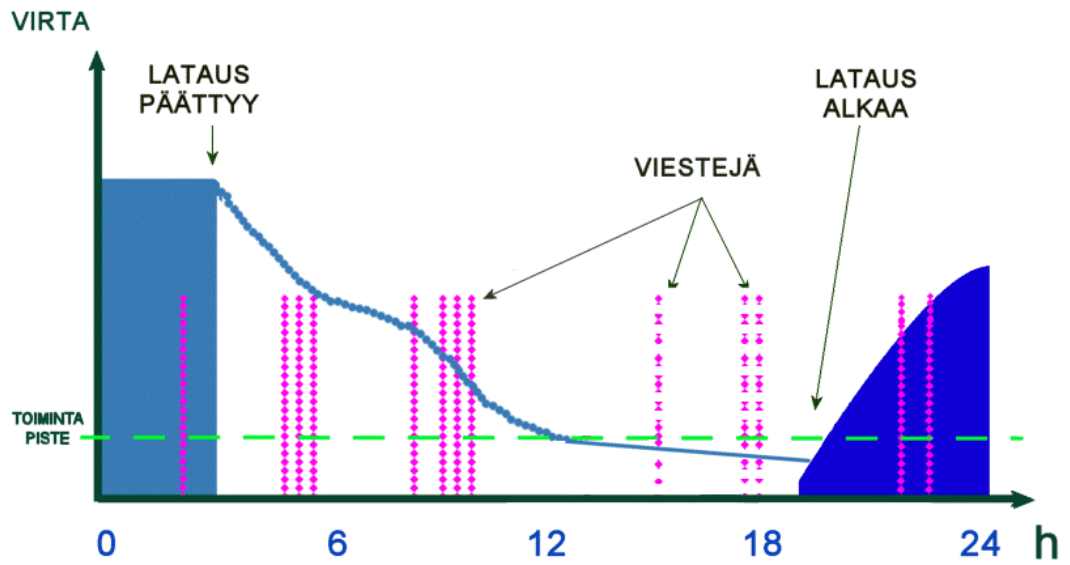
Virrallisen pysäkin ongelma on eri paikkakuntien virransäästö. Vuoden valoisimpana aikana saatetaan katuvalot kytkeä pois päältä kahden tai kolmen viikon ajaksi.

Tulokset: Akkupaketin kapasiteetti $(5,8 \times 1,3) \text{ Ah} = 7,5 \text{ Ah}$ ja verkkomuuntajan 2,8A. Annetuilla arvoilla näytön taustavalo toimii noin 37 viestin verran eli 12 tuntia.

Verkkomuuntajalla varustettu pysäkki toimisi 12 h alkavalla 20 tunnin lataamattomalla jaksolla. Tämä antaa toimivuudeksi 60 %. Jotta 85% tavoitteeseen päästäisiin, tulisi järjestelmän toimia noin $(17 \text{ h} \times 100) / 20 \text{ h} = 85 \%$ eli 17 h. Näytön ku-

lutus 17 h aikana on $17\text{ h} \times 0,5\text{ A} = 8,5\text{ Ah}$ ja modeemin edelleen 12 viestillä $2,1\text{ Ah}$, yhteensä $10,6\text{ Ah}$.

Latausvirtaa tarvittaisiin noin $(10,6 \times 1,3) \text{ Ah} / 4\text{ h} = 5,5\text{ A}$. Jos järjestelmään tulee viestejä latauksen aikana, vaaditaan virtaa yhteensä $(5,5 + 0,4 + 0,5) \text{ A} = 6,4\text{ A}$. Kuvassa 19 on esitetty verkkomuuntajalla varustettu pysäkkijärjestelmä, jossa akun kapasiteetti ei riitä seuraavaan latausperiodiin asti. Akun saavuttaessa tietyn tason, järjestelmä lakkaa toimimasta toimintapisteen alapuolella. Lataussäädin estää akun täydellisen purkautumisen.



Kuva 19. Alimitoitettun akkukapasiteetin tapaus.

7.8 Luotettavuus

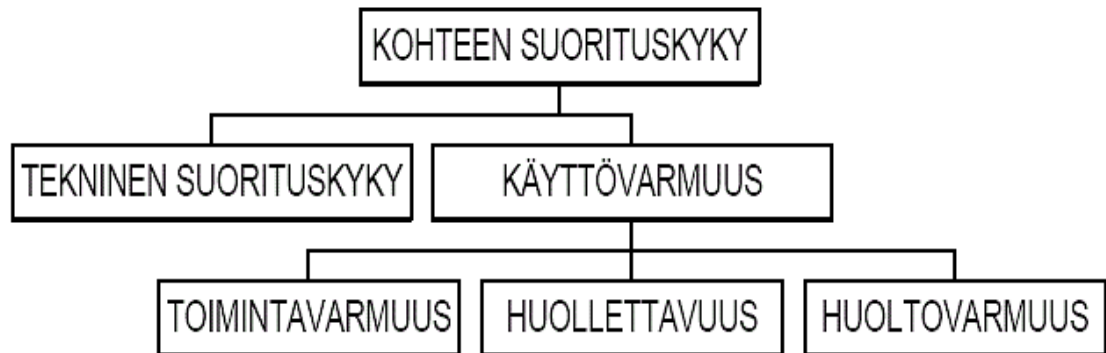
Luotettavuus on monen tekijän summa, mutta huollolla ja riittävillä koneresursseilla saadaan palvelun luotettavuus erittäin hyväksi. Luotettavuuskäsitteiden hierarkia on esitetty kuvassa 20.

Palvelun luotettavuuden arvioimiseksi ja parantamiseksi pitää järjestelmän tuottaa käyttölokia. SMS viestejä lähettävä järjestelmä kirjaa vastaanottokuittaukset lokiin. Käyttölokin avulla saadaan tilastotietoja palvelun luotettavuudesta. Luotettavuus koostuu: Toiminta-, käyttövarmuudesta (85%), vikaantumis- tai elinajasta ja huollettavuudesta.

Toimintavarmuus on tiedotusjärjestelmän akkukäyttöisyyden vuoksi lähes suoraan verrannollinen viestien lukumäärään. Akuista loppuu yksinkertaisesti virta, kun santomia on näytettävä enemmän kuin akkujen kapasiteetti on. Näytön ohjausta optimoimalla tätä puutetta voi tiettyyn rajaan asti kiertää. Paras tapa varmistaa tiedotusjärjestelmää olisi esimerkiksi kaksinkertaistaa akkukapasiteetti ja latausjärjestelmä.

Toimintavarmuuden epäkohtia on lämpötilojen ääripäissä. Valmistajien antamien tietojen mukaan jotkut modeemit lopettavat toimintansa $+80\text{ °C}$, mikä ei ole mahdollon metallikotelon sisäinen lämpötila auringon paistaessa siihen. Modeemien pakkaskesto rajoittuu yleensä -20 °C . Toimintalämpötilojen ulkopuolella olevaa toi-

mintaa valmistajat eivät kommentoi mitenkään. Laitevalmistajat eivät anna myöskään mitään tietoja vikaantumistaajuuksista. Kun akkupaketille saadaan laskennallisesti melkein 4 vuoden käyttöikä, tulisi järjestelmän muu luotettavuus olla ajallisesti samaa luokkaa.



Kuva 20. Luotettavuushierarkia. [13]

7.9 Yhteensopivuus järjestelmän muiden osien kanssa

Tässä yhteensopivuudella tarkoitetaan järjestelmän ohjausta. Liikennelaitoksen nykyisillä laitteilla ja ohjelmilla tulisi voida ohjata tulevaisuudessa käyttöönotettavia järjestelmiä. HKL:llä on jo toimivat yhteydet teleoperaattoreihin.

7.10 Kotelointi

Elektroniikkalaitteen koteloinnilla on hyvin monta toimintoa: Kotelointi antaa laitteelle ulkonäön ja tämä onkin usein yksi selkeimmin havaittava piirre koteloinnin ominaisuuksista. Kotelon tulee olla roisketiivis, toisaalta kosteuden haihtumisellekin tulee olla väylä, jotta laite soveltuu kosteisiin olosuhteisiin ja ulkokäyttöön. Kotelointi vaikuttaa myös laitteen käytettävyyteen ja kestävyys, sen tulee kestää kolhuja, ilkeilyä ja kulutusta. Kotelomateriaali voi vaihdella sijoituspaikan mukaan; oopperatalon pysäkillä voi olla muodikkaammasta materiaalista oleva kotelo kuin yksittäisellä syrjäseudun pysäkillä.

7.10.1 Koteloinnin kustannukset

Kotelointitavan peruskysymys on sen kokonaishinta. Käyttökohde ja tarkoitus asettaa koteloinnille tietyt peruskriteerit, jotka sen tulee toteuttaa. Viimeistelyllä ja eri yksityiskohtien huomioimisella voi olla kuitenkin ratkaiseva vaikutus koteloinnin toimivuuteen.

Elektroniikkalaitteen kokoonpano tehdään käsityönä, vaikka muu valmistus on pitkälle automatisoitu. Mikäli kotelon ja sen sisustan kokoamiseen menee useita työtunteja, nostaa se automaattisesti kustannuksia. Koteloinnin kestoikä, muunneltavuus ja laajennettavuus voidaan sisällyttää kustannuksiin. Tässä tapauksessa tulee määritellä kotelo ja sen kiinnitys pysäkkien rakenteisiin, pelkän tolpan tapauksessa kiinnitys tolppaan.

Koteloinnin kokonaishinta koostuu: Kotelon vaativuustasosta, työstämisestä, kiinnitystarpeista, kalustuksesta, mahdollisesta pintakäsittelystä ja elektroniikan asennuksesta koteloon.

7.10.2 Kotelon IP- suojausluokka

IEC529- standardi määrittelee laitteiden sisällä olevien osien suojauksen ulkopuolelta tulevaa likaa, vettä ja ihmisen kosketusta vastaan. Suojaustaso ilmoitetaan kirjaimilla IP ja niitä seuraavilla kahdella numerolla. Näistä numeroista, (1-6), ensimmäinen kertoo suojauksen ihmiskosketusta ja vieraita esineitä vastaan, toinen numero, (1-8), kertoo suojaustason vettä vastaan. Mitä suurempia nämä numerot ovat, sitä paremmin laite on suojattu.

Pysäkillä olevan laitekotelon suojausluokaksi voidaan määritellä IP 66:

- ensimmäinen numero 6 = täysi kosketussuojaus ja täysi pölysuojaus
- toinen numero 6 = kestää suuripaineruiskun. Suuripaineruiskun kestävyys on perusteltavissa pysäkkien puhtaanapitohuollon vuoksi.

Itse laitteen kosteussuojauksessa yksi perusratkaisu on käyttää riittävän tiivistä metallikotelo, joka ei päästä kosteutta sisälle. Hyviä kotelointia hieman kosteaan tilaan ovat esimerkiksi kumitiivisteillä varustetut valumetallikotelot. Täysin ilmatiiviillä kotelolla voidaan pitää kosteus hyvin ulkona, mutta niissä pitää huomioida, etteivät ilmanpaineen vaihtelut saa vettä menemään kotelon sisään.

Jos laite on kosteissa oloissa, eikä täyttää tiiviyyttä voida saada aikaan, voidaan metallikotelon sisälle asentaa pieni lämmitin (esimerkiksi tehovastus), joka pitää laitteen lämpötilan sen verran ympäristöä korkeampana, ettei kosteutta ei pääse tiivistymään laitteeseen.

Hyvän kosteussuojauksen pienelle elektroniikkalaitteelle saa tehtyä sijoittamalla sen muovikoteloon, joka valetaan täyteen epoksihartsia tai silikonista. Näin kotelosta tulee ulos vain liitäntäjohtot tai ympäristöolot kestävät liittimet. Tällaisen ratkaisun tuloksena saadaan vesitiivis elektroniikkapaketti, joka on voittuessaan korjauskelvoton. [14]

7.10.3 Kotelon materiaalit

Elektroniikkalaitteen kotelot tehdään yleensä metallista tai muovista. Markkinoilla on muoveja, joihin on sekoitettu metallia, jolloin saavutetaan pelkkää muovia parempi suojaus ulkoisilta häiriöiltä. Eräs mahdollisuus koteloksi on pysäkkitolppa. Pysäkkitolppa on sinkittyä terästä, joten kotelomateriaalina se on kestävä ja helppo työstettävä. Katetun pysäkin rakenteet mahdollistavat kotelolle erilaisia sijoituspaikkoja vaikkapa katolle.

Parasta kotelomateriaalia on vaikea määrittää. Kotelon pitää olla ilkivallankestävä ja tiivis, kuitenkin kosteudenpoisto tulee olla järjestetty. Kotelon pitää myös sopia pysäkin muihin materiaaleihin ja väreihin. Kotelo tulisi asentaa varjoon, jotta suoralta auringonpaisteelta vältytään.

Taulukko 7. Kotelomateriaalit.

Alumiini	Alumiini on pehmeä metalli, joka tekee siitä hyvin työstettävän materiaalin. Alumiinin huono puoli on sen korkea hinta.
Teräs	Teräs on halpa ja yleisesti käytetty kotelomateriaali. Se on sitkeää ja kovaa ainetta, joten se soveltuu erinomaisesti kovaan rasitukseen. Ohuestakin levystä saa helposti jäykän ja kestävä kotelorakenteen. Halpa materiaali. Teräksen ongelmia on sen paino ja ruostuvuus. Puhdas teräs on melkein aina pintakäsiteltävä, joka taas nostaa kustannuksia.
Kupari	Kupari ei ole kovinkaan yleinen kotelomateriaali, sillä se on erittäin kallista. Kuparin ongelmana on hapettuminen.
Sinkki	Sinkkiä käytetään valukoteloiden raaka-aineena. Sen valaminen ja työstäminen on helppoa. Sinkki on halpaa. Ongelmana on hapettuminen, joten sen pinnassa on aina epäesteettisen näköinen oksidikerros.
Muovi	Muovilaatuja löytyy satoja. Muoveilla saavutetaan nykytekniikalla hyvin suuri kestävyys ja keveytensä ansiosta ne syrjäyttävät usein metallin. Muovien haittana on usein se, että mitä enemmän ne muistuttavat ominaisuuksiltaan metalleja sitä kalliimpia ne ovat.
Muut materiaalit	Designmateriaaleiksi kutsutaan puuta, lasikuitua ja hiilikuitua. Lisäksi on saatavissa yhdistemateriaaleista tehtyjä koteluita. Ne ovat kalliita.

8 VAATIMUSMÄÄRITTELYN YHTEENVETO

Vaatimusmäärittelyn yhteenveto taulukossa 8 perustuu vaatimuksien ja ominaisuuksien priorisointiin. Priorisointi koostuu alkaen HKL:n vaatimuksista ja päättyen järjestelmän ominaisuuksiin.

Taulukko 8. Yhteenveto.

PRIORISOINTI	SISÄLTÄÄ VÄHIMMÄISVAATIMUKSENA
1. Hinta	Pysäkkitiedotusjärjestelmän mahdollisimman pienet kokonaistoteutuskustannukset.
2. Tiedonsiirtolaite	GSM puhelimen tai GSM modeemin.
3. Näyttö	Näyttää kerralla vähintään yhden SMS viestin 160 merkkiä. Alfanumeerinen LCD STN mustavalko näyttö laajalla, vähintään 45° katselukulmalla.
4. Yhteensopivuus vanhoihin järjestelmiin	Tekstiviestivälitys. HKL:llä jo olemassa yhteensopivuus tässä esitettyyn uuteen järjestelmään.
5. Ylläpidettävyys	Vikapartio hoitaa ylläpidon pysäkeillä. Huoltotöidenpide on koko yksikön tai sen osan vaihto. Ylläpidettävyys on osa laitteen toimintavarmuutta.
6. Ilmastollinen kestävyys ja ympäristöolosuhteet	Helsingissä lähivuosina olleet lämpö- ja pakkasen nätykset: +35 °C ... - 35 °C. Kotelon sisällä olevat lämpötilat. Pysäkin sijoittuminen valon ja virransaannin suhteen.
7. Kotelointi	Suojausluokka IP 66. Asennuskorkeus pysäkkitolppaan. Koteloinnissa huomioitava kosteudenpoisto ja ilkivallankesto. Asennuskorkeus on oleellinen osa suojausta.
8. Virrantuotto	Aurinkokennon asennus pysäkkitolppaan, asennuskulma. Verkkomuuntaja katollisiin pysäkkeihin.
9. Oheistarvikkeet	Liittimet, johtosarjat ja kiinnitystarpeet

Tässä työssä ollaan luomassa uutta. Uuden luominen ei itsessään ole vaikeaa, kun tiedetään mitä halutaan. Vaikeaksi sen tekee se, että uutta ollaan tekemässä jo

saatavissa olevista komponenteista. Näin lopputulos ei voi olla täsmälleen haluttu, vaan soviteltu ratkaisu.

Huomioitavaa on, että koska järjestelmän tulee olla toteutettavissa jo saatavissa olevista komponenteista, elektroniikkateollisuuden komponenttien saatavuudessa saattaa olla äkillisiäkin muutoksia. Suurkäyttäjien tilaukset vaikuttavat markkinatilanteeseen erittäin paljon. Saatavuuden varmistaminen on tehtävä, joka ei saa unohtua.

Kun lopputuote on monen ongelmallisen teknisen osan summa, unohtamatta kohderyhmän vaatimuksia, kohdataan ristiriitoja. Ristiriita on vaatimuksissa; huokea ja melko toimiva. Tällainen yhtälö on vaikea. Ratkaisumallia määriteltäessä otettiin mukaan paljon sellaista, jota ei lopuksi voinut mitenkään hyödyntää. Syynä oli laitteista saatavien tietojen niukkuus; esimerkiksi kosteuskestävyys ja vikaantumistaajuus.

Voidaan tietysti todeta, että halvalla ei mitään kovin erinomaista saa, mutta tarpeen vaatiessa halvallakin saa toimivaa aikaiseksi. Halvalla toteutettu hyvä olisi erinomainen saavutus. Halpuudessa on omat hyvät puolensa. Halpa on yleensä yksinkertaisempi kuin kallis, se ei periaatteessa ole niin vikaherkkä kuin monimutkaiset laitteet. Halpa on myös huoltokustannuksiltaan edullinen, olettaen, että tarpeeksi halpa on kertakäyttöinen.

Tällainen tuote ei kaipaa omaa huolto-organisaatiota. Vikapartio osaa vaihtaa uuden yksikön tai osan vioittuneen tai rikutun tilalle.

9 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Vaatusmäärittelyn päämenetelminä käytettiin HKL:n suunnittelutoimiston vaatimuksia ja määrittelemällä pysäkkien ympäristöolosuhteet. Tiedot HKL:n suunnittelutoimiston vaatimuksista saatiin neuvotteluilla. Vaatimuksissa huomioitiin jatkuva kehitysmalli ja laadunhallinta.

Diplomityön ensimmäisen ja toisen luvun perusteella selvisi, että tiedotusjärjestelmä on niin näkyvä osa liikennelaitoksen toimintaa, ettei sitä ole syytä suunnitella aivan halvimmalla mahdollisella tavalla.

Vaatusmäärittelystä tuli näin suuntaa antava, jota voi käyttää etsittäessä haluttua laitekoonpanoa. Asioista otettiin useita vaihtoehtoja esille siksi, että toteutusvaihtoehtoja on useita; esimerkiksi kotelo- ja aurinkokennomateriaalit. Ratkaisumalleja olisi voinut määritellä enemmänkin, mutta onneksi vaatimus huokeudesta poisti liiat rönsyt. Päävaatimukset järjestelmän osille olivat hinta ja pakkaskestävyys.

Tässä esitetyn häiriötiedotusjärjestelmän laajempi analysointi olisi ollut mahdollista, jos olisi valmistettu vaatusmäärittelyn mukainen prototyyppi. Käytettävyyttä ja muita ominaisuuksia olisi voitu ottaa kriittisempään käsittelyyn ja vaatusmäärittelystäkin olisi tullut muutakin kuin ainoastaan vaatimuksia esittävä. Prototyyppiä ei tehty kustannusten vuoksi.

Tässä työssä on aikaansaatu toimiva kokoonpanoehdotus pysäkkitiedotusjärjestelmälle, joka on toteutettavissa yleisesti saatavilla olevista edullisista osista. Työn tuloksena on tiedotusjärjestelmä, joka antaa matkustajille saman tiedon kuin huomattavasti kalliimmatkin järjestelmät. Vaatusmäärittely antaa vähimmäisvaatimukset järjestelmän eri osien ominaisuuksille. Lopulliset tulokset ovat luottamuksellista tietoa ja tämän vuoksi salaisia.

JOHTOPÄÄTÖKSET

Työtä vaikeutti vähäinen laitetarjonta, jos jätetään huomiotta GSM puhelimet. GSM puhelimia oltaisiin otettu vertailuun enemmänkin, erityisesti malleja, joita on markkinoitu veden- iskun- ja pölynkestävinä. Tällaiset mallit olivat kuitenkin poistuneet myynnistä ja mukaan otettiin ainoastaan malleja, jotka ovat saatavissa. Teollisuuden tarkoitetut GSM viestien vastaanottoon kykenevät laitteet olivat ylivarusteltuja ja -hintaisia tämän työn kannalta: Pysäkeillä ei tarvita grafiikkaa, kosketusnäytöltä ohjattavia valikkoja tai muuta ohjausta. Vähäinen laitetarjonta oli osasyynä siihen ettei kokoonpanoehdotus täytä vaatusmäärittelyn tärkeintä kohtaa, joka oli hinta. Kokonaisuuden eri osien hinta ilman ohjelmointityötä oli jo tavoitekustannustason ulottumattomissa.

Järjestelmän toimivuus pitää HKL:n mukaan olla noin 85 %. Tällä tarkoitetaan sitä kokonaisaikaa, jonka järjestelmä tulisi toimia vuorokaudessa. Kun verrataan virtabudjettia toimivuusvaatimukseen, voidaan todeta, ettei vaatimuksia tavoiteta ilman lisävirtakapasiteettia.

Toimivuuteen vaikuttaa myös muita tekijöitä: Estääkö kosteus näytön lukemisen tai onko SMS viesti mennyt perille ajoissa ? Kun akkukapasiteetti laskee kennojen vanhentuuessa, toimivuusaika lyhenee lisää. Entä latautuvatko akut täyteen alle -20°C tai yli $+45^{\circ}\text{C}$? Esitettyihin kysymyksiin saa vastaukset ainoastaan testamalla tuotteet.

Vaatimusmäärittely akkujen osalta on ongelmaton, jos viestejä ei lähetetä. Voidaan kuitenkin todeta, että akkukapasiteetti tulee runsaasti ylivoimaa tai akut pitää vaihtaa uusiin ajoissa, jotta vähimmäiskestovaatimukset saavutetaan akkujen keskimääräisen eliniän aikana.

Kun pohditaan, mitä selvityksessä mahdollisesti jäi huomiotta, tulee mieleen tiedon saanti. Laite-edustajilta tiedon saanti oli niin vaikeata ja epäselvää, että pakosti tulikin epäilleeksi heiltä saamieni tietojen luotettavuutta. Jos laitteista rakennettaisiin koe-erät ja ne asennettaisiin pysäkeille, varmasti yllätykset seuraisivat toisiaan. Vaatimusmäärittely saattaisi täydentyä.

JATKOTOIMENPITEET

Tämän työn tuloksena saatiin aikaan perustutkimus, josta on hyvä jatkaa kaupallistaiseksi tuotteeksi asti. Vaikka HKL:n vaatimusmäärittely ei tavoitehinnan puolesta täytä määrittelyä, kannattaa selvitystyötä jatkaa. Elektroniikan hintakehitys on alaspäin ominaisuuksien samanaikaisesti kasvaessa. Seuraava tehtävä järjestelmän toteuttamiseksi olisi yksilöidä tämä työn mukaiset kohteet ja pyytää niistä tarjoukset. Toteutusta varten on jo tekniikat ja vaatimukset selvillä. Tärkein johtopäätös on, että järjestelmä on toteutettavissa hyvin laajalla hintahaarukalla; perus GSM puhelimesta erillisnäytöillä varustettuihin GSM modeemeihin.

10 LÄHDELUETTELO

1. "Liikenteen telematiikka", <URL:<http://keskus.hut.fi/opetus/s38116/1996/esitelmat/39764u/>>, Teknillinen Korkeakoulu, Tietoliikennetekniikan laboratorio, S-38.116 Teletietotekniikka, 20.06.2005
2. "Raitioliikenteen häiriötiedotus, 1. vaihe", <URL:http://www.heili.info/LIPA_raportti_17_6_2003_final.pdf>, Helsingin Kaupungin Liikennelaitos, 20.06.2005
3. "Raitioliikenteen häiriötiedotus 2004–2005, vaikutukset", HKL Suunnitteluyksikkö <URL:http://www.aino.info/julkaisut/1_jlinfo/Hairioinfo_vaikutukset_2004_2005.pdf>, Helsinki 2005, luettu 21.06.2005.
4. "JL Digi-info: Toteutusmahdollisuuksien selvittäminen - 250 Helsingin joukkoliikennepysäkin varustaminen matkustajanäytöllä, 1. vaihe", HKL:n julkaisusarja D, ISSN 0786-8480.
5. "Raitioliikenteen häiriötiedotuksen laajentaminen", HKL-Suunnitteluyksikkö, <URL:http://www.aino.info/julkaisut/1_jlinfo/Raitioliikenteen_hairiotiedotuksen_laajentaminen.pdf>, luettu 22.6.2005.
6. "Tietoliikennepalveluiden käyttäjäkeskeinen suunnittelu, S-72.501", Raila Äijö, Teknillinen Korkeakoulu /Dipoli, luentomoniste 4, Helsinki 2005.
7. "Arviointiraportti: MONA – Mobiilipalvelujen kehittämisohjelma", Liikenne- ja viestintäministeriö, <URL:<http://www.mintc.fi/www/sivut/dokumentit/julkaisu/julkaisusarja/2003/a472003.pdf>> Helsinki, 2003, luettu 09.09.2005.
8. "Ilmatieteen laitos - Suomen ilmasto", <URL:http://www.fmi.fi/tutkimus_ilmasto/ilmasto_24.html>, luettu 10.09.2005.
9. "Häiriötiedotus 1/4", Raitioliikenteen häiriötiedotus, <URL:<http://www.heili.info/Hairiotiedotus.pdf>>, luettu 10.09.2005.
10. "Liikenteen päästöt", Liikenne- ja viestintäministeriö, <URL:<http://www.mintc.fi/www/sivut/suomi/ymparisto/sivut/dokumentit/paastot/ilmanlaatu/ilmanlaatufin.htm>>, luettu 12.09.2005.
11. "Ympäristövaikutusten huomioonottaminen ja testaus", VTT Automaatio - Turvallisuustekniikka, <URL:http://www.machina.hut.fi/kurssit/41/199/TKK_YMP_TEST01.pdf>, Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus, luettu 17.10.2005.
12. John S. Oakland, "Statistical process control", Butterworth-Heinemann, United Kingdom, Oxford, fifth edition, 2003.
13. "Luotettavuustekniikka, Mat-2.118", TKK, Urho Pulkkinen, opetusmoniste, <URL:http://www.sal.tkk.fi/Opinnot/Mat_2.118/mat21181nelja.pdf>, luettu 21.09.2005.

14. "Elektroniikkalaitteen kotelointi", <URL:<http://www.ele.tut.fi/teaching/74521/Kotelointi.PDF>>, luettu 23.09.2005
15. "Aurinkoenergia", <URL:<http://leeh.ee.tut.fi/tuotanto/sivu9.html>>, luettu 27.09.2005.
16. Tommi Lindeman, Prosessori lehti, "Matalan tehonkulutuksen digitaalisuunnittelu", <URL:<http://www.prosessori.fi/es98/teho.htm>>, luettu 29.09.2005.
17. Salainen, laitevalmistajan tuotetiedote.
18. "Helsingin kaupunki", <URL:<http://www.hel.fi/kkansl/julkaisut/Helsinkisu.pdf>> ja <URL:<http://www.helsinki.fi>>, luettu 29.09.2005.
19. "IT-sanasto", Yleisradio, URL:<http://www.yle.fi/teema/verkkoyhteys/sanasto.php#D>, luettu 3.10.2005.
20. "Nokia Suomi", sanasto, <URL:<http://www.nokia.fi/digitv/asiakastuki/sanasto.html>>, luettu 3.10.2005
21. Short message service cell broadcast, TKK Tietoverkkolaboratorio Petri Timonen S-38.116 Teletietotekniikka, <URL:<http://keskus.hut.fi/opetus/s38116/1996/esitelmät/42146e/>>, luettu 7.10.2005.
22. Salainen, laitevalmistajan tuotetiedote.
23. Antti Veijalainen, "Pienet näytöt ", TKK, Kartografia ja geoinformatiikka, <URL:<http://www.buchmann.ca/chap2-page2.asp>>, luettu 17.11.2005.
24. "Matkaviestinsanasto (TSK 29)", <URL:<http://www.tsk.fi/fi/info/tsk29.html>>, luettu 02.12.2005.
25. "Pääkaupunkiseudun sähköisen matkustajainformaation kehittämisen linjauksia 2004 – 2007", Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta, <URL:http://www.ytv.fi/NR/rdonlyres/457EBF6B-C48B-4794-B92B-78D053708739/0/YTV_matk_inf_linjauksia.pdf html>, luettu 12.12.2005.
26. "HKL Raitoliikenteen häiriötiedotus pilotti", Sampo Hietanen, Tieliikennelaitos, <URL:http://www.heili.info/raportti/loppuraportti/sivut/kirj/hkl_hairiopalvelut.pdf l>, luettu 19.12.2005.
27. Salainen, laitevalmistajan tuotetiedote.